

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

**INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROYECTO FIN DE CARRERA**



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TÉRMICA

**“Calefacción por bomba
de calor geotérmica
utilizando los
refrigerantes de nueva
generación”**

**CRISTINA LÁZARO LOZANO
TUTOR: MARCELO IZQUIERDO MILLÁN**

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	5
1.1.	OBJETIVOS DEL PROYECTO	5
1.2.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA BOMBA DE CALOR.....	6
	1.2.1. <i>Tipos de bombas de calor según la energía de compresión.....</i>	6
	1.2.2. <i>Ciclo y componentes básicos de una bomba de calor por compresión.....</i>	8
	1.2.3. <i>Parámetros de operación de la bomba de calor.....</i>	9
	1.2.4. <i>Ventajas y desventajas de la bomba de calor.....</i>	11
1.3.	LA GEOTERMIA.....	12
	1.3.1. <i>La bomba de calor geotérmica.....</i>	12
	1.3.2. <i>Estimación de la temperatura del terreno.....</i>	15
1.4.	DESCRIPCIÓN DE LOS REFRIGERANTES.....	17
	1.4.1. <i>Efectos medioambientales de los refrigerantes.....</i>	17
	1.4.2. <i>Normativa medioambiental.....</i>	18
	1.4.3. <i>Propiedades de los refrigerantes.....</i>	19
	1.4.4. <i>Refrigerantes de nueva generación.....</i>	20
1.5.	REFRIGERANTE DE NUEVA GENERACIÓN R-422D.....	22
	1.5.1. <i>Ventajas del Refrigerante R-422D.....</i>	22
1.6.	DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA OBJETO DE ESTUDIO	23
2.	CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS	25
2.1.	CONDICIONES DE DISEÑO	25
	2.1.1 <i>Condiciones interiores de cálculo.....</i>	25
	2.1.2. <i>Condiciones exteriores de cálculo.....</i>	26
2.2.	CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LOS CERRAMIENTOS	26
2.3.	MÉTODO DE CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS.....	35
	2.3.1. <i>Ganancias térmicas instantáneas.....</i>	35
3.	DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR GEOTÉRMICO.....	63
3.1.	CONCEPCIÓN DE UN SISTEMA GEOTÉRMICO	63
3.2.	DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR SUBTERRÁNEO	64
	3.2.1. <i>Diseño de un Intercambiador Vertical.....</i>	65
	3.2.2. <i>Cálculo de intercambiador geotérmico (programa Geociatesa).....</i>	66
3.3.	EQUIPOS PARA EL INTERCAMBIADOR GEOTÉRMICO	76

4.	DISEÑO DE LA BOMBA DE CALOR	81
4.1.	DATOS DE PARTIDA.....	81
4.2.	DIAGRAMA TERMODINÁMICO	81
4.3.	SELECCIÓN DE LA BOMBA DE CALOR	88
5.	SIMULACIÓN EN MATHCAD DE LA CALEFACCIÓN DE LA VIVIENDA A LO LARGO DE UN AÑO.	90
5.1.	EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA.....	90
5.2.	EVOLUCIÓN DE LA CARGA TÉRMICA.....	93
5.3.	EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA BOMBA DE CALOR.....	97
5.4.	ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL.....	106
5.4.1.	<i>Emisiones indirectas. Consumo de electricidad.</i>	<i>107</i>
5.4.2.	<i>Emisiones directas. Refrigerantes.</i>	<i>112</i>
5.4.3.	<i>Comparación entre las emisiones de los dos refrigerantes.</i>	<i>114</i>
6.	INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN, CONFIGURACIÓN Y EQUIPOS.	116
6.1.	UNIDADES TERMINALES	116
6.1.1.	<i>Fancoils.</i>	<i>116</i>
6.1.2.	<i>Toalleros.</i>	<i>117</i>
6.2.	CIRCUITO HIDRÁULICO	119
6.3.	GRUPO CIRCULADOR	123
6.4.	DEPÓSITO DE INERCIA	126
6.5.	DEPÓSITO DE EXPANSIÓN.....	128
6.6.	DISTRIBUCIÓN DE AIRE: RED DE CONDUCTOS DE IMPULSIÓN.....	131
6.6.1.	<i>Difusores.</i>	<i>131</i>
6.6.2.	<i>Cálculo y Dimensionamiento de la Red de Conductos.</i>	<i>133</i>
6.6.3.	<i>Pérdidas de Presión.</i>	<i>134</i>
6.6.4.	<i>Métodos de dimensionamiento:.....</i>	<i>135</i>
6.7.	DISTRIBUCIÓN DE AIRE: RED DE EXTRACCIÓN DE AIRE.....	139
6.7.1.	<i>Rejilla de extracción.</i>	<i>139</i>
6.7.2.	<i>Rejillas de paso en aseos y cocina.</i>	<i>139</i>
6.7.3.	<i>Boca de Retorno en aseos.</i>	<i>139</i>
6.7.4.	<i>Cálculo y Dimensionamiento de los Conductos de Extracción.</i>	<i>140</i>
6.7.5.	<i>Métodos de dimensionamiento:.....</i>	<i>140</i>
7.	INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN, CONFIGURACIÓN Y EQUIPOS PARA SU REGULACIÓN.....	142
7.1.	ARQUITECTURA.....	142
7.1.1.	<i>General.</i>	<i>142</i>



7.2. PAUTAS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO	144
8. PRESUPUESTO Y MEDICIONES	146
9. CONCLUSIONES	153
10. BIBLIOGRAFÍA	154
ANEJOS	157
ÍNDICE DE FIGURAS	157
ÍNDICE DE TABLAS.....	160
ANEJO I: Evolución de las temperaturas secas y húmedas máximas corregidas para todos los meses del año y horas del día, según las tablas de corrección UNE 100014-84.	164
ANEJO II: Hojas de características técnicas de los Fancoils seleccionados.	165
ANEJO III. Hoja de características técnicas del ventilador de extracción.	166
ANEJO IV: Planos de la vivienda	167

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar un sistema de calefacción mediante una bomba de calor geotérmica, con la particularidad de que funcionará con refrigerantes de nueva generación.

Se hará una comparación económica y energética entre los nuevos refrigerantes y los hasta ahora utilizados. También será objeto de comparación la emisión de dióxido de carbono.

El motivo de la sustitución de los refrigerantes comúnmente utilizados por otros es reducir los efectos medioambientales que estos causan. Entre los efectos medioambientales más importantes causados por los refrigerantes se encuentran el efecto invernadero y la destrucción de la capa de ozono.

También será objeto de este proyecto el cumplir la normativa vigente; en concreto el **Código Técnico de la Edificación** (CTE) y el **Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación** (RITE).

- El **CTE** establece los requisitos de eficiencia que deben tener los edificios, y concretamente en sus documentos básicos de *Limitación de Demanda Térmica* (DB HE1) y de Rendimiento de las Instalaciones Térmicas (DB HE2) se establecen la metodología de cálculo de las características térmicas y los criterios de diseño, instalación y mantenimiento de las instalaciones de climatización.
El documento básico DB HE1 limita las transmitancias máximas de los cerramientos para evitar pérdidas de calor.
El documento básico DB HE2 establece las condiciones de diseño y rendimientos encaminados a conseguir cierto ahorro energético.
- En el RITE se definen los requisitos que deben cumplir las instalaciones térmicas de los edificios (ventilación, refrigeración, calefacción y producción de agua caliente sanitaria).
En el RITE se determinan también las condiciones de bienestar e higiene adecuadas para los ocupantes de los edificios, se fomenta también el uso de equipos eficientes con etiquetado energético debiéndose especificar el consumo de energía de los equipos y las emisiones de CO₂ anuales.

El cumplimiento de la normativa ha de conducir hacia edificios más sostenibles y eficientes energéticamente; al conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo su consumo energético y utilizando para ello fuentes de energía renovable. Según estimaciones del *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía* (IDAE), la implantación de las exigencias energéticas introducidas en el nuevo Código Técnico de la Edificación supondrá, para cada edificio un ahorro de un 30-40 % y una reducción de emisiones de CO₂ por consumo de energía de un 40-55%.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA BOMBA DE CALOR

Una bomba de calor es una máquina térmica que permite transferir energía en forma de calor de un foco a otro, y según se requiera. Para lograr esta acción, es necesario un aporte de trabajo dado que por la segunda ley de la termodinámica, el calor se dirige de manera espontánea de un foco caliente a otro frío, y no al revés, hasta que sus temperaturas se igualan.

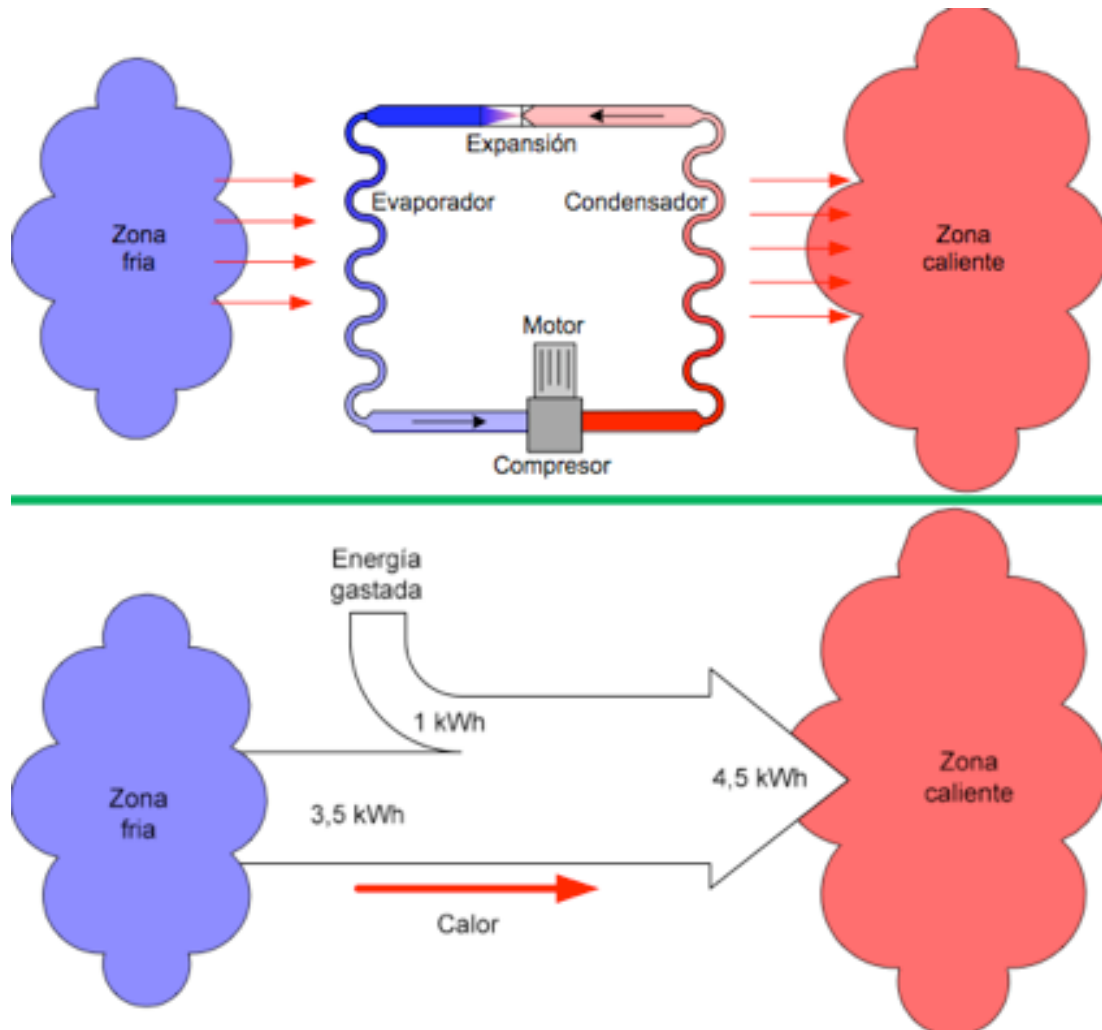


Figura 1. **Fundamento de la bomba de calor.**

1.2.1. Tipos de bombas de calor según la energía de compresión.

- **ABSORCIÓN**

Las bombas de calor de absorción son accionadas térmicamente, esto quiere decir que la energía aportada al ciclo es térmica en vez de mecánica como en el caso

del ciclo de compresión. El sistema de absorción se basa en la capacidad de ciertas sales y líquidos de absorber fluido refrigerante.

Los ciclos de absorción son análogos a los de compresión, únicamente se sustituye el compresor por un circuito de disoluciones que realiza la misma función que éste, es decir, eleva la presión y temperatura del fluido frigorífico en estado vapor. El circuito de disoluciones, consiste en un absorbedor, una bomba que impulsa la disolución, un generador y una válvula de expansión.

Se obtiene energía térmica a media temperatura en el condensador y en el absorbedor. En el generador se consume energía térmica a alta temperatura, y en la bomba energía mecánica.

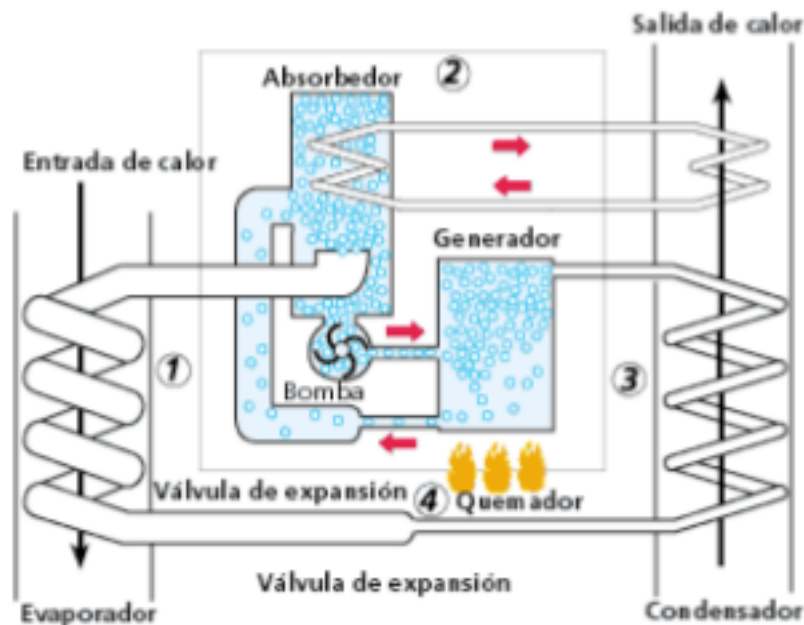


Figura 2. **Bomba de calor de absorción.**

- **COMPRESIÓN**

En este tipo de bombas de calor, la compresión se produce mecánicamente, siendo accionado el compresor por un motor. A su vez, ese motor puede ser eléctrico o de combustión interna. En este proyecto la bomba de calor que se diseñará será de compresión, mediante un motor eléctrico.

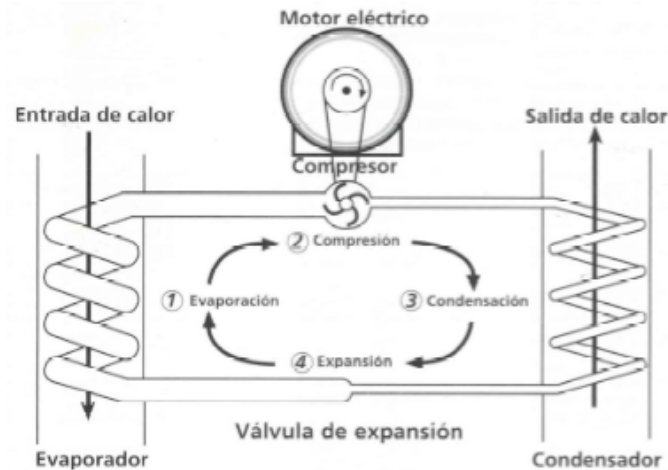


Figura 3. **Bomba de calor de compresión.**

1.2.2. Ciclo y componentes básicos de una bomba de calor por compresión.

Se hablará a continuación del ciclo de funcionamiento de la bomba de calor refiriéndose únicamente al modo calentamiento.

El calor es captado en un intercambiador denominado EVAPORADOR, y bombeado mediante un COMPRESOR hacia otro intercambiador denominado CONDENSADOR donde es eliminado a un nivel de temperatura superior al nivel a qué fue captado. El vehículo encargado de realizar el transporte de la energía calorífica entre las dos fuentes (fría y caliente) recibe el nombre de refrigerante.

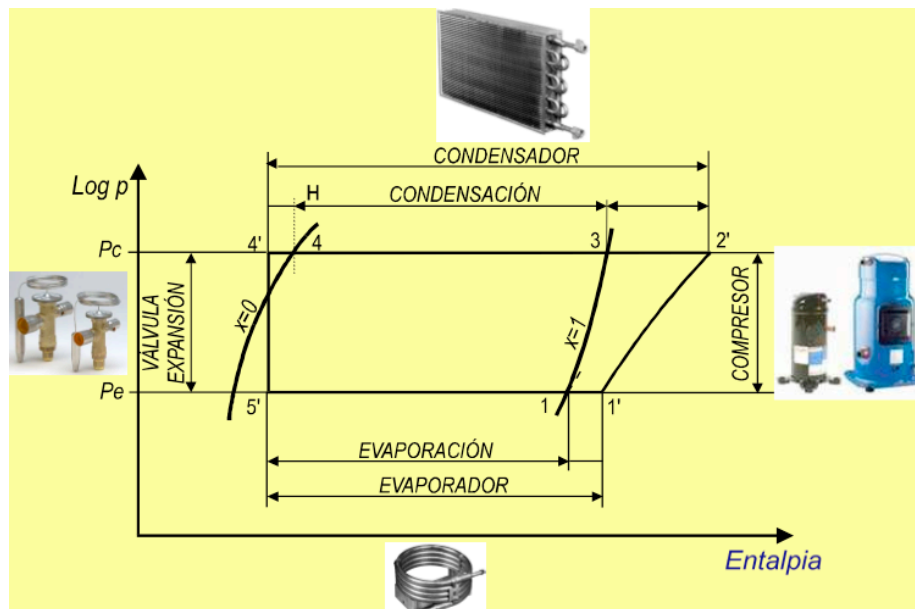


Figura 4. **Ciclo y componentes básicos de la bomba de calor.**

A continuación se resumirán las funciones de cada componente:

- **COMPRESOR** (Puntos 1-2 de la Figura 4)

Recibe el refrigerante vapor y lo comprime, subiendo la presión y la temperatura. Se puede decir que lo acondiciona para una cesión de calor a una temperatura apropiada en el condensador.

- **CONDENSADOR** (Puntos 2-4 de la Figura 4)

El vapor de refrigerante entra sobrecalentado, de modo que la primera parte del calor cedido es sensible perdiendo temperatura, para luego ceder su calor latente al condensarse a temperatura constante. La temperatura a la que suceda esta cesión de calor latente dependerá de la presión que le dio el compresor.

- **VÁLVULA DE EXPANSIÓN** (Puntos 4-5 de la Figura 4)

Proceso de expansión adiabática, o estrangulamiento, para devolver al fluido a la presión inicial del evaporador y cerrar el ciclo. Al perder presión, parte del líquido se vaporiza.

- **EVAPORADOR** (Puntos 5-1 de la Figura 4)

Cesión de calor del fluido de los colectores al refrigerante, que lo recibe como calor latente vaporizándose a temperatura y presión constante.

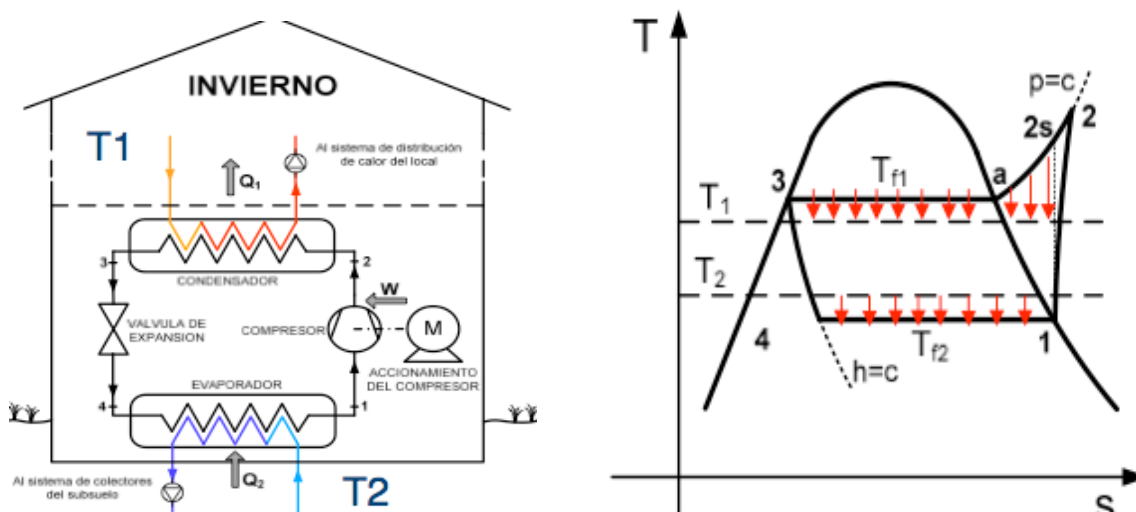


Figura 5. **Componentes de la bomba de calor y ciclo de funcionamiento.**

1.2.3. Parámetros de operación de la bomba de calor.

En el estudio de las máquinas cíclicas es útil el análisis previo del funcionamiento de una máquina ideal para luego compararla con el ciclo real. En la siguiente figura se puede ver el esquema de una máquina con ciclo de Carnot invertido. El ciclo de Carnot, es un ciclo ideal que define el máximo rendimiento que se puede alcanzar en una máquina cíclica que trabaje entre un foco frío a temperatura T_2 y un foco caliente a temperatura T_1 , y en la que no existen pérdidas y los procesos sean reversibles. Se cumple la siguiente ecuación:

$$Q_1 = Q_2 + W$$

Donde

Q_1 : Calor cedido en el interior del local.
 Q_2 : Calor extraído al foco frío.
 W : Aporte de trabajo externo.

Para poder trasvasar el calor Q_2 del foco frío hacia el foco caliente es necesario un aporte de trabajo externo W . El foco caliente recibe un calor Q_1 , suma de Q_2 y W . En la figura siguiente, Q_1 es el área entre la línea 2-3 y el eje s , Q_2 el área entre 1-4 y el eje s , y el trabajo W la resta de las áreas anteriores.

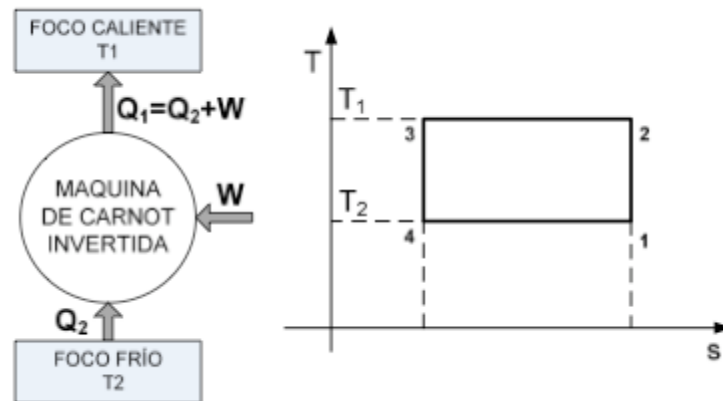


Figura 6. **Máquina de refrigeración ideal de Carnot.**

RENDIMIENTOS IDEALES

• COEFICIENTE DE OPERACIÓN (COP)

Caracteriza a una bomba de calor cuando trabaja en modo calentamiento. Es la relación entre calor se transmite al local y el trabajo que eso cuesta:

$$COP = \frac{\text{Calor cedido por el condensador}}{\text{Trabajo suministrado por el compresor}}$$

Siendo el calor cedido por el condensador (Q_1) la suma del calor extraído en el medioambiente (Q_2) más el trabajo suministrado por el compresor (W)

$$COP = \frac{Q_1}{W} = \frac{Q_2 + W}{W} = \frac{Q_2}{W} + 1 > 1$$

El Coeficiente de Operación de una bomba de calor es mayor que la unidad, y normalmente se mueve en valores muy superiores.

1.2.4. Ventajas y desventajas de la bomba de calor.

VENTAJAS DE LA BOMBA DE CALOR

- La principal ventaja de la bomba de calor es su alta eficiencia energética en calefacción. Es capaz de aportar más energía que la que consume (aproximadamente entre dos y tres veces más). Esto se debe a que el equipo recupera energía gratuita del ambiente exterior y la incorpora como energía útil para calefacción. Logrando consumir menos energía que otros sistemas de calefacción, reduciendo así costes y emisiones de CO₂.
- Son reversibles, es decir, se puede utilizar para calentar en invierno, y enfriar en verano. En el primer caso, el recinto es la zona caliente y en el segundo es la zona fría de la que se extrae el calor. Para que una bomba de calor funcione en ambos sentidos es preciso invertir el flujo de calor y adecuarlo a cada caso, lo que se consigue fácilmente con una *válvula inversora*. Esto representa una gran ventaja, pues un solo equipo puede hacer las funciones de dos sistemas: el de calefacción y el de refrigeración.
- No requieren casi mantenimiento, salvo una limpieza periódica del filtro de aire y sustitución del refrigerante cuando este pierde sus propiedades.

DESVENTAJAS DE LA BOMBA DE CALOR

La densidad del refrigerante que proviene del evaporador, desciende a medida que se evapora a temperaturas más bajas, es decir a medida que la temperatura exterior desciende. Por este motivo, la potencia calorífica que suministra una bomba de calor desciende a medida que la temperatura exterior baja, ya que la potencia calorífica es función del caudal máximo de refrigerante que el compresor bombea al circuito. Si la densidad del refrigerante desciende al bajar la temperatura exterior y siendo el compresor un accesorio de volumen constante, la cantidad de refrigerante por unidad de tiempo que se envía al circuito es menor cuanto menor sea la temperatura exterior, luego se producen dos efectos a tener en cuenta:

- La potencia calorífica desciende con la temperatura exterior.
- El caudal máximo de refrigerante circulando por el circuito es menor, por lo que se supone debe existir un calderón o recipiente de almacenamiento para guardar el refrigerante sobrante.

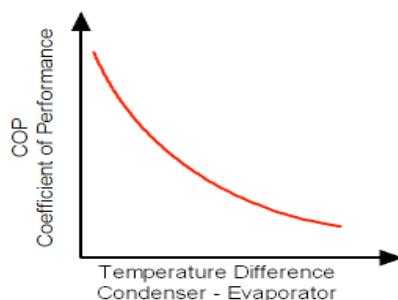


Figura 7. ***Descenso de COP con la diferencia de temperaturas evaporador-condensador.***

Otro momento en el que el compresor se encuentra sometido a importantes esfuerzos, es la formación de hielo sobre la batería exterior que actúa como evaporador en calefacción. Para proceder al deshielo, el método más usual es invertir el ciclo el tiempo necesario para proceder al deshielo. Durante ese tiempo, la batería exterior actúa como condensador aprovechando el calor cedido para la condensación del refrigerante para provocar la fusión del hielo. Este hielo o escarcha se ha formado por congelamiento del agua procedente de la deshumidificación del aire exterior, al reducir su temperatura durante el proceso de captación de calor

1.3 LA GEOTÉRMIA

La energía geotérmica es aquella energía que puede ser obtenida por el hombre mediante el **aprovechamiento del calor del interior de la Tierra**. Esta energía se presenta de muy diversas formas; en zonas volcánicas se producen a veces yacimientos de agua o vapor de muy alta energía y temperatura, denominados de alta entalpía, los mismos terrenos suelen originar depósitos de media entalpía, y en cuencas sedimentarias se encuentran a veces yacimientos de baja entalpía. Estos recursos están localizados en puntos muy concretos del mapa.

Lo más habitual es no disponer del emplazamiento de recursos como los anteriores, pero también se puede obtener energía del terreno con tecnologías que aprovechan el recurso de muy baja entalpía, y esta si que es una energía disponible en todos los emplazamientos.

El terreno presenta una capacidad de almacenamiento de calor alta y una baja conductividad térmica, lo que hace que el calor acumulado durante el verano pueda usarse en invierno, y que su temperatura varíe muy lentamente, tanto más cuanto más profundo (a partir de los 15-20m de profundidad la temperatura permanece constante todo el año). Estas condiciones pueden proporcionar energía renovable para abastecer las necesidades de calefacción y refrigeración de un local durante el año, e incluso para generar cierta cantidad de agua caliente sanitaria.

El equipo más utilizado para este fin es la bomba de calor geotérmica, que es capaz de extraer calor del terreno e inyectarlo en un local.

1.3.1. La bomba de calor geotérmica.

Las bombas de calor geotérmicas son más eficientes que las de aire debido a la estabilidad de la temperatura del terreno frente a las fluctuaciones de la temperatura ambiental, tanto estacionales como diarias.

Una bomba de calor geotérmica es un equipo compacto. A la bomba llegan las tuberías procedentes del terreno y también las distribuidoras de calor o de refrigeración a los locales.

No presentan emisiones por combustión *in situ* aunque implican las de la energía eléctrica que consuman), ni necesitan chimeneas ni almacenamiento de combustible. La bomba de calor contribuye a disminuir las emisiones globales de CO₂ y a alcanzar los objetivos de energías renovables y eficiencia energética de los programas europeos y nacionales.

TIPOS DE BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICAS

La clasificación de las bombas de calor geotérmicas se hace atendiendo a diferentes criterios:

- **SEGÚN EL TIPO DE FUENTE DE CALOR Y EL FLUIDO DE DISTRIBUCIÓN DEL LOCAL.**

Esta suele ser la clasificación habitual. En primer lugar, se indica el tipo de fuente de calor del exterior (foco frío) y, en segundo lugar, la naturaleza del fluido con la que se va a distribuir el calor en el interior del local (foco caliente)

- **AGUA:** cuando existe disponibilidad de agua natural cercana (un pozo, un lago o un río), por tanto los colectores estarían en el subsuelo estarían en contacto con aguas subterráneas.
- **SUELO:** aquí el calor de la Tierra es extraído mediante colectores por los que circula el fluido caloportador (generalmente agua con glicol).
- **TIPOS DE SISTEMAS SEGÚN LA DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA COLECTOR DEL TERRENO**
 - **SISTEMAS ABIERTOS:** normalmente asociados a fuentes de aguas subterráneas. Generalmente se necesitan dos pozos, uno de extracción y otro de inyección, separados una distancia suficiente como para no afectarse. Se requiere una permeabilidad suficiente para poder extraer un caudal adecuado con poca subsidencia y buena calidad de agua para evitar corrosión, atascos y desgaste de tuberías.



Figura 8. **Sistema de colectores abierto**

- **SISTEMAS CERRADOS:** los colectores forman un lazo cerrado. Es el sistema habitual en bombas de calor geotérmicas. En este proyecto se utilizará esta configuración.

Por el tipo de configuración de los colectores en el terreno, se distinguen:

- **COLECTORES EN CONFIGURACIÓN HORIZONTAL:** lo habitual es que se encuentren enterrados a poca profundidad, entre 60 cm y 1,2 m bajo la superficie. Son los sistemas más sencillos de instalar. En este tipo de sistemas el mecanismo más importante para renovar la temperatura del terreno es la radiación solar, por lo que no se debe construir nada encima de la superficie bajo la que estén los colectores. Requieren, por tanto, un mayor uso del terreno. (Como cifra aproximada recuperan del orden de 30 W por m² de terreno y de 10 a 15 W por metro de tubo)

Este tipo de instalación presenta la mejor relación coste-prestaciones. Cuando existen restricciones de espacio, o para aprovechar mejor la superficie libre, se suele recurrir a esquemas con conexiones en serie o paralelo con mayor densidad.

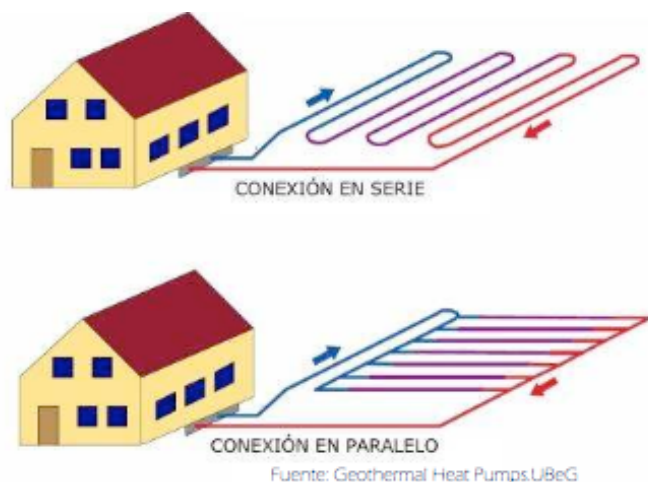


Figura 9. **Configuraciones en serie y en paralelo de los colectores horizontales.**

- **COLECTORES EN CONFIGURACIÓN VERTICAL:** este tipo de sistemas asegura más aún la estabilidad de la temperatura del foco frío, ya que profundiza más debajo de la zona influenciada por los cambios de temperatura externos. Por otra parte, el sondeo vertical asegura que haya suficiente superficie de intercambio. (Como cifra estimativa se recupera en torno a 50 W por metro de sondeo. Suelen alcanzar profundidades entre 50 y 150 m)

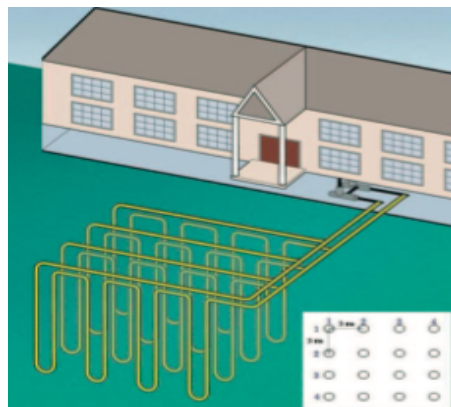


Figura 10. **Configuración de colectores en vertical.**

Normalmente este tipo de sondeos geotérmicos consiste en varias perforaciones verticales entubadas habitualmente sólo en sus primeros metros para mantener la estabilidad y menos cuanto más consistencia tenga el terreno, en las que se introducen los tubos colectores, generalmente de polipropileno o polietileno.

1.3.2. Estimación de la temperatura del terreno.

De toda la radiación solar que llega a la Tierra, aproximadamente el 46% es absorbida por el terreno. La Tierra posee una capacidad térmica alta y, por tanto, las variaciones de temperatura se producen más lentamente que en la atmósfera, de manera que el calor acumulado durante el verano puede ser usado durante el invierno, siendo esta temperatura mayor que la del ambiente en invierno y menor en verano. Esta diferencia de temperaturas entre el terreno y el ambiente puede ser aprovechada por una bomba de calor para climatización y generación de agua caliente sanitaria en verano.

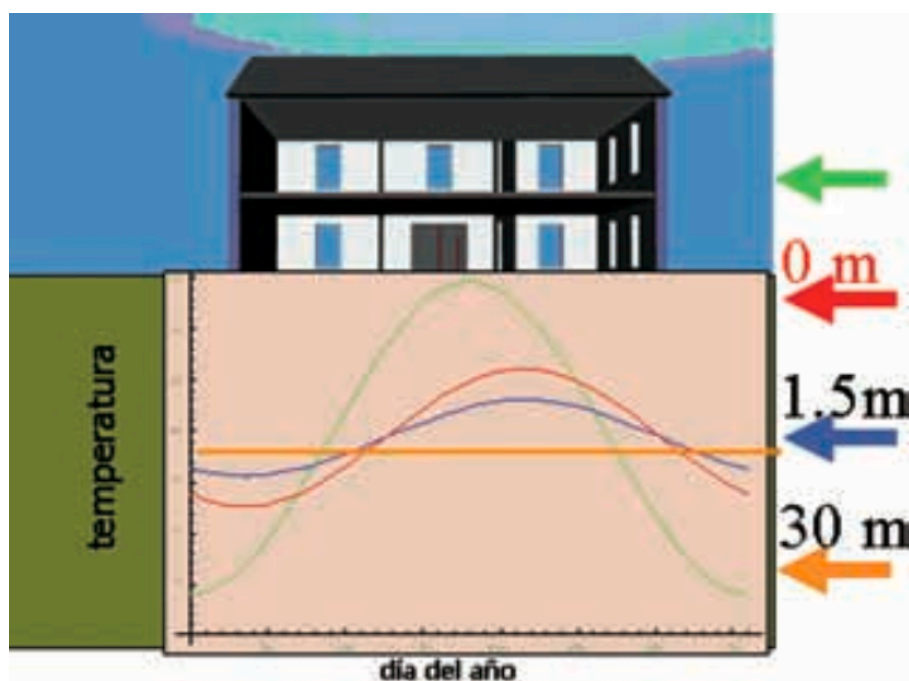


Figura 11. ***Evolución de las temperaturas a lo largo del año. (Fuente: Ground-source heat pump project analysis. RETScreen Internacional)***

La temperatura del terreno tiende a estabilizarse conforme se aumenta la profundidad en el terreno al igual que el agua subterránea, como se puede observar en la siguiente figura.

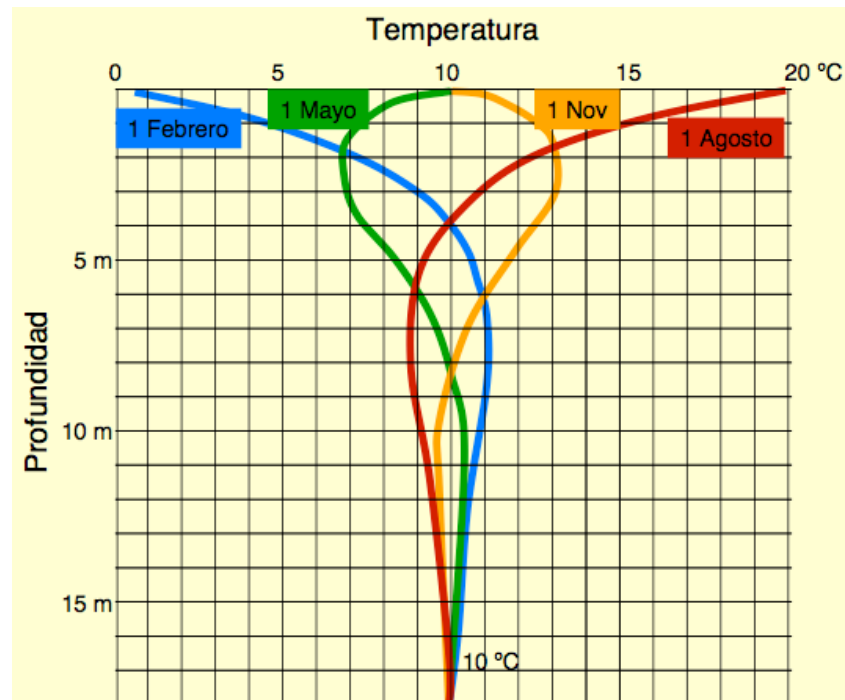


Figura 12. **Evolución de la temperatura del terreno con la profundidad** (Fuente: "*Some history of shallow geothermal energy use*". Institute of Applied Geosciences, Justus-Liebig-University)

La bomba de calor realiza un intercambio de calor con el terreno enfriándolo o calentándolo según las necesidades de calor o frío, respectivamente. El funcionamiento de este sistema depende, por tanto de la temperatura del terreno con el que se realiza el intercambio de calor, siendo necesario realizar una estimación de la evolución de la temperatura del terreno a lo largo del tiempo.

Un método consiste en el estudio estadístico de la temperatura del terreno a lo largo del tiempo. De esta forma, se pueden obtener histogramas y funciones de probabilidad que ayudan a determinar los rangos de temperaturas más probables. Para ello, se establecen intervalos de temperaturas y se realiza un conteo del número de veces que las medidas de temperatura están dentro de cada intervalo. Así se puede obtener el histograma buscado.

Otro método consiste en estimar la temperatura mediante modelos como el propuesto por Hillel, en el que la temperatura depende del día del año considerado, de la profundidad, de la difusividad, de la temperatura media anual del terreno y de la máxima diferencia de temperaturas anual en la superficie del terreno. La temperatura del terreno seguirá la siguiente ecuación:

$$T(z,t) = T_a - A_0 \cdot e^{-z\sqrt{\frac{\pi}{365\alpha}}} \cos\left(\frac{2\pi}{365}(t-t_0) - z\sqrt{\frac{\pi}{365\alpha}}\right)$$

Siendo

T_a : Temperatura media anual del terreno (°C)

A_0 : Máxima diferencia de temperaturas anual en la superficie del terreno (K)

z : Profundidad (m)

α : Difusividad térmica del tipo de suelo (m²/s)

t : Día del año considerado

Sin embargo, el uso de modelos conlleva simplificaciones que pueden dar lugar a errores en las estimaciones de las temperaturas, siendo más fiable una campaña de mediciones de las temperaturas en el terreno para poder determinar su evolución y poder diseñar de forma adecuada el sistema de climatización.

1.4. DESCRIPCIÓN DE LOS REFRIGERANTES.

El papel del fluido refrigerante en la bomba de calor es muy importante, ya que es el encargado de transportar el calor entre el interior y el exterior. Una bomba de calor por ciclo de compresión trabaja en ciclo cerrado, lo que significa que el refrigerante sufrirá en cada ciclo dos cambios de fase absorbiendo y cediendo calor a las presiones que convengan en el evaporador y en el condensador.

Los refrigerantes se suelen clasificar en dos grupos: artificiales y naturales. Los refrigerantes **artificiales** se pueden subdividir en tres grupos:

- **CFCs:** Cloro fluoro carbonos, como el R-12 y el R-502. Actualmente prohibidos por su alto potencial de destrucción de la capa de ozono (ODP), además de provocar también efecto invernadero.
- **HCFCs:** Hidro cloro fluoro carbonos, como el R-22 (objeto de comparación en este proyecto). Fueron sustitutos de los CFCs por poseer menor poder destructor de la capa de ozono, aunque acabaron siendo prohibidos.
- **HFCs:** Hidro fluoro carbonos, como el R-134A, R-407C, R-507A, R-422D. Son libres de cloro, no destruyen la capa de ozono pero causan efecto invernadero.

Entre los refrigerantes **naturales** se encuentran el amoníaco (R-717), hidrocarburos como el propano y el butano (R-290 y R-600A) y el propio agua (R-718).

1.4.1. Efectos medioambientales de los refrigerantes.

Entre los efectos medioambientales a considerar más importantes entre algunos de los refrigerantes están su contribución al efecto invernadero y su efecto destructivo a la capa de ozono.

El efecto invernadero es un fenómeno natural que hace posible la vida en la Tierra. La atmósfera contiene varios gases traza que absorben la radiación infrarroja. Estos gases, llamados de efecto invernadero, absorben la radiación infrarroja de la superficie de la Tierra, atmósfera y nubes. A su vez, emiten radiación infrarroja en todas las direcciones, es decir, devuelven una parte como contrarradiación otra vez hacia la superficie terrestre, y otra parte la emiten hacia el espacio, permitiendo cerrar el balance energético terrestre. Se puede decir que estos gases atrapan calor en la atmósfera, fenómeno al que se denomina efecto invernadero, gracias al cual la temperatura media en la Tierra es de 14°C; si no existiese, la temperatura media sería aproximadamente, de -18°C.

El problema surge cuando la concentración media en la atmósfera de gases de efecto invernadero aumenta por la acción del hombre, fenómeno conocido como **efecto invernadero forzado**.

El **ozono** estratosférico juega un papel fundamental en la protección de las radiaciones solares. Las radiaciones ultravioleta, portadoras de gran cantidad de energía, son capaces de alterar los enlaces moleculares, incluyendo moléculas muy importantes para la vida. Los daños que produciría la exposición a esta radiación en la superficie de la Tierra son evitados porque la mayor parte de la radiación ultravioleta es absorbida por la capa de ozono en la estratosfera. El ozono está continuamente formándose y destruyéndose en la estratosfera y además en dichas reacciones el cloro y el bromo actúan de catalizadores. El cloro llega a la estratosfera por medio de las emisiones, como los CFCs y HCFCs, y antes de desaparecer puede destruir miles de moléculas de ozono.

1.4.2. Normativa medioambiental.

Tales son los efectos mediambientales adversos que causan los refrigerantes que resulta imprescindible una normativa medioambiental que los regule.

En lo relativo al efecto invernadero, en 1992 se adoptó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que entró en vigor en 1994. En la tercera reunión de los países que la forman se adoptó el Protocolo de Kyoto, que fue ratificado a diferente ritmo por cada país, entrando en vigor en febrero de 2005. Conforme al Protocolo de Kyoto, los países industrializados y los países con economías de transición tienen que reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero (CO_2 , metano, óxido nitroso, HFCs, PFCs y SF_6) en un 5,2% como media por debajo de los niveles de 1990 para el año 2012. Los refrigerantes CFCs y HCFCs no se incluyeron en este protocolo, a pesar de tener altos potenciales globales de calentamiento, porque su uso ya estaba regulado por el **Protocolo de Montreal**. El reglamento (CE) 842/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo regula la contención, uso, recuperación y destrucción de los gases fluorados de efecto invernadero (HFCs).

La normativa relativa a la protección de la capa de ozono se desarrolla a partir del Convenio de Viena, que es un convenio marco que promueve la cooperación internacional en investigación y observaciones del fenómeno y coordina posibles medidas para revertirlo. El Protocolo de Montreal (1987) desarrolla medidas concretas para combatir una de las principales causas de destrucción de la capa de ozono: la presencia de cloro y bromo en la estratosfera procedente de compuestos producidos por el hombre. En 1987, el Protocolo de Montreal establece el control y eliminación final de las emisiones de CFCs y halones, habiéndose añadido más sustancias (HCFCs, bromuro de metilo) por medio de sucesivas enmiendas. España y la Unión Europea forman parte del Protocolo y de todas sus enmiendas.

En la Unión Europea se determinó el fin de la producción e importación de refrigerantes CFC en 1995, sustituyéndose progresivamente por los HCFC. Para el 1 de Octubre de 2000 se prohibió totalmente su venta y uso nuevo o reciclado. También se prohíbe la puesta en el mercado de equipos que incorporen CFCs.

En cuanto a los HCFCs, se prohibió su uso en bombas de calor desde el año 2004, permitiéndose únicamente el uso de estos productos en mantenimiento y reparación hasta el 2010, excepto los de procedencia de reciclado, y nunca más allá del 2015. Las normativas también regulan su recuperación y tratamiento posterior.

1.4.3. Propiedades de los refrigerantes.

Existen diversas características relevantes a la hora de seleccionar un agente refrigerante para una aplicación con un salto de temperaturas determinado:

- **Buenas propiedades termodinámicas:**
 - *Presión de evaporación:* conviene que la presión en el evaporador (a baja temperatura) sea mayor que la atmosférica, para evitar entrada de aire y humedad.
 - *Punto crítico alejado:* el punto crítico es la cúspide de la campana (dentro de la campana se encuentran los cambios de fase, es decir, mezclas de líquido y vapor) que une las curvas de vapor y líquido saturado, y define las presiones y temperaturas críticas por encima de las cuales no se puede condensar el vapor. Además, cuanto más cerca se está del punto crítico mas estrecha es la campana, lo cual quiere decir que los procesos de cambio de fase implican menos transferencia de calor.
 - *Punto de congelación suficientemente bajo:* de modo que no se produzca solidificación del refrigerante en el intercambiador con el terreno.
 - *Relación de compresión:* la relación entre la presión en el condensador y la del evaporador debe ser tan baja como sea posible, ya que implica menor trabajo de compresión.
 - *Eficacia en la transmisión de calor:* buen coeficiente de convección que mejore la transmisión de calor en los intercambiadores.
 - *Bajas pérdidas de presión* en su circulación por el circuito.
 - *Potencia frigorífica volumétrica elevada:* alta cantidad de absorción de calor en el evaporador por unidad de volumen de vapor aspirado por el compresor.
- **Adecuadas características de seguridad:**
 - *Toxicidad:* ésta es una desventaja, por ejemplo, de los refrigerantes de amoníaco o con base de amoníaco.
 - *Inflamabilidad:* como ocurre, por ejemplo, con los hidrocarburos.
 - *Presiones de trabajo no muy altas.*
- **Otros criterios técnicos:**
 - *Acción sobre los metales:* por ejemplo, los compuestos halógenos son incompatibles con el cinc y el magnesio, y el amoníaco con el cobre.
 - *Compatibilidad con materias plásticas, elastómeros y aceites.*
 - *Estabilidad térmica* que garantice su no descomposición dentro de su rango de uso.

- **Comportamiento frente al agua:** la absorción de agua puede tener consecuencias adversas, como alterar los aceites, descomposición de fluidos, formación de hielo en la válvula de expansión y corrosión.
- **Miscibilidad con los aceites:** en algunos compresores, el aceite está en contacto con el refrigerante, y a su salida, debe filtrarse y recircularse, lo cual es más fácil si el refrigerante y el aceite son miscibles.
- **Criterios medioambientales:** están prohibidos los refrigerantes con contenido de cloro que destruyen la capa de ozono (CFCs y HCFCs). Además es recomendable que su potencial de calentamiento global por efecto invernadero sea lo más bajo posible.
- **Criterios económicos:** cuánto más económico más viable será la instalación, sobre todo para equipos de potencias elevadas con mayor cantidad de fluido refrigerante.

1.4.4. Refrigerantes de nueva generación.

La mayor parte de los equipos en el mundo de la climatización trabajaban con R22, por lo tanto se buscó un sustituto que trabajase a presiones parecidas para poder aprovechar el gran stock de compresores existentes.

No fue posible encontrar un refrigerante puro con las características del R22 y que no dañase la capa de ozono. Ante la imposibilidad de encontrar un refrigerante puro, los gases refrigerantes HFCs más utilizados actualmente en el mercado y que mejor se adaptan a las características termodinámicas del R-22 son los siguientes:

- R-134A
- R-407C
- R-410A
- R-422D

Al optar por una mezcla de refrigerantes que conjuntamente y en unas determinadas proporciones se comportan de una forma parecida al R22. Los refrigerantes que lo componen tienen temperaturas de evaporación y condensación muy diferentes; fenómeno conocido como *efecto deslizamiento*. El deslizamiento consiste en que en los intercambiadores, el cambio de estado no se produce a una temperatura fija, sino que a medida que va cambiando de estado el refrigerante, varía su temperatura de transición.

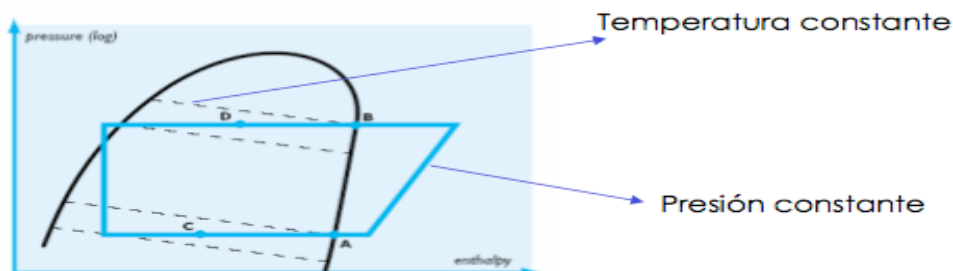


Figura 13. **Efecto deslizamiento de los refrigerantes.**

El deslizamiento es la diferencia expresada en grados centígrados, entre la temperatura en la que empieza a cambiar de fase un refrigerante y la temperatura a la que termina el cambio de fase. Todos los gases refrigerantes puros (R134a, R22) y las mezclas de la serie R500 (R500, R502, R507A) tienen deslizamiento de 0°C, ya que mantienen una temperatura constante en sus cambios de fase. El resto de refrigerantes, tienen un determinado valor de deslizamiento.

En la siguiente figura se puede contemplar la pérdida de rendimiento causada por el deslizamiento.

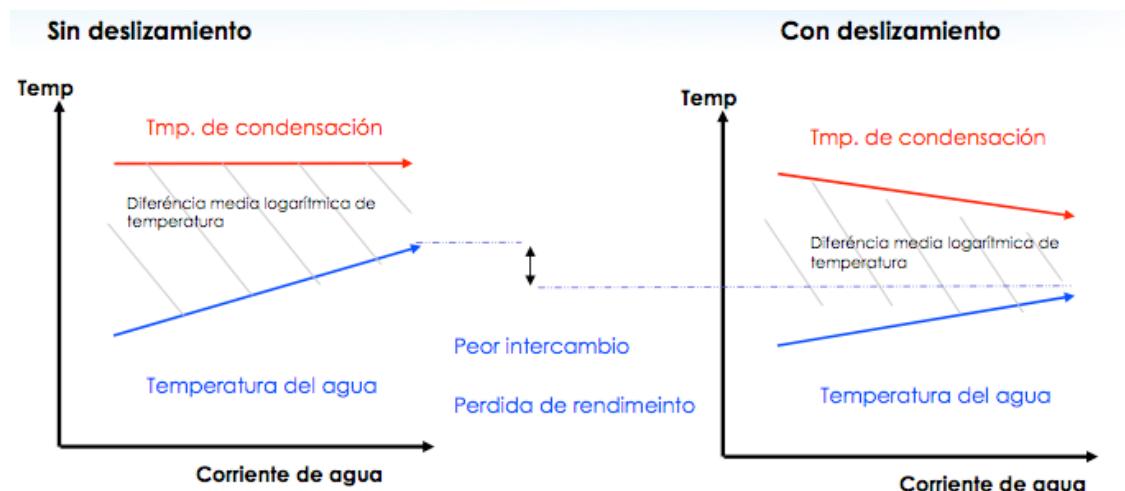


Figura 14. Efecto del deslizamiento en el rendimiento.

Actualmente se emplean refrigerantes como el R-407C que trabajan a presiones parecidas al R-22. Tuvo una rápida implantación por la reutilización de prácticamente todos los componentes diseñados para R-22 (ahorro económico). En caso de fuga es necesario vaciar todo el circuito y rellenar de nuevo, ya que los diferentes componentes del gas se fugan a ritmos diferentes. Supone una pérdida de rendimiento entre el 5 y el 10%, y los primeros equipos tuvieron bastantes problemas hasta que se aprendió a controlar correctamente el deslizamiento. El R-407C está siendo substituido por el R-410A y el R-134^a y lo será en el futuro por el R-422D.

El futuro de los refrigerantes es la búsqueda de refrigerantes alternativos; necesidad de buscar alternativas en refrigerantes naturales como el propano o el CO₂ o desarrollar nuevos refrigerantes.

El desarrollo de un nuevo refrigerante, pasa por alcanzar una serie de características:

- Rendimientos termodinámicos (COP) aceptables.
- Presiones no muy altas, ya que causarían problemas de seguridad.
- Presiones no muy bajas para evitar la evaporación a presiones inferiores a 1 atm.
- Poca viscosidad. Mucha viscosidad supondría pérdida de carga y disminuiría el rendimiento

- Presente calor latente de evaporación alto, para que sea necesario menos refrigerante.
- No puede ser ni tóxico ni inflamable.
- Alta estanqueidad química.
- Compatible con los lubricantes del mercado.
- Fácil de detectar en caso de que haya fugas.
- No cause efecto invernadero ni destruya la capa de ozono.

Todas estas características es imposible que se cumplan al mismo tiempo.

1.5. REFRIGERANTE DE NUEVA GENERACIÓN R-422D

El refrigerante de nueva generación R422D es una mezcla no azeotrópica (una mezcla azeotrópica es la combinación de dos o más gases de punto de ebullición similar que se comportan como una sustancia pura; es decir, la composición de la fase vapor es la misma que la fase líquida), formado por R125, R134a y R600, que sustituye al R22. En la siguiente tabla aparece la composición del R-422D.

COMPONENTE	% PESO
HFC-134A	31.5
HFC-125	65.1
ISOBUTANO	3.4

Tabla 1. **Composición del R-422D.**

El refrigerante R-422D (comercializado con el nombre ISCEON MO29), es un HFC por lo que no tiene efecto destructor de la capa de ozono.

La principal aplicación de este refrigerante es la sustitución del R22 en aquellas aplicaciones en las que se trabaja en temperaturas medias o positivas de evaporación.

1.5.1. Ventajas del Refrigerante R-422D.

Las principales ventajas que presenta este refrigerante son:

- Ofrece una solución de reconversión (seguir utilizando el equipo con un refrigerante que sustituya al R-22), más sencilla, rápida y económica, que con R-404A, R-507 Y R-407C.
- Al ser un HFC **no es perjudicial** para la capa de **ozono**. Por tanto no está sujeto a la eliminación progresiva impuesta por el Protocolo de Montreal.
- Es compatible con aceites minerales, alquilbencénicos y poliésteres, por lo que no requiere el cambio de lubricante en la mayoría de los casos.

- Permite seguir utilizando equipos existentes.
- Los datos de pruebas en campo son satisfactorios y sin cambio de la válvula de expansión termostática (puede que sea necesario ajustar el sobrecalentamiento)
- No inflamable: clasificación de seguridad ASTM E681-01
- Temperatura de descarga muy inferior que la del R-22, que puede prolongar la vida del compresor.
- Según criterios de la UE, el ISCEON MO29(R-422D) no está clasificado como tóxico ni peligroso para la salud (similar a R-22)
- Potencial de calentamiento global (GWP) 30% inferior que el R-404 A y R-507.
- Después de la reconversión, se puede rellenar durante el mantenimiento sin tener que retirar toda la carga de refrigerante, ya que no se descompone en caso de fuga del producto.

En la siguiente tabla se resumen las propiedades físicas del R-422D y las del R-22.

Propiedad Física	Unidad	R-422D	R-22
Punto de Ebullición (1 atm)	°C	-43	-41
Presión de Vapor a 25°C	kPa absoluta	1130	1041
Densidad del Líquido a 25°C	kg/m ³	1144	1193
Densidad de Vapor Saturado a 25°C	kg/m ³	59.3	44.9
Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono	CFC11 = 1	0	0.05
Potencial de Calentamiento Global	CO ₂ = 1	2230	1700

Tabla 2. **Propiedades Físicas de los refrigerantes R-422D y R-22. Fuente DuPont.**

1.6. DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA OBJETO DE ESTUDIO

La vivienda que se va a calefactar se encuentra en Barajas (Madrid). Cuenta con dos plantas que se climatizarán, además de un sótano que será un local no climatizado, donde se ubicará la bomba de calor geotérmica. Al encontrarse el equipo en el interior de la vivienda su vida útil será más prolongada.

La planta baja de la vivienda cuenta con cuatro dormitorios, cuatro aseos, un recibidor, una cocina, un cuarto de plancha y un salón comedor. El acceso principal a la vivienda se encuentra en esta planta, además de contar también con un acceso secundario a través del cuarto de plancha.

La planta primera la componen tres dormitorios y dos aseos. Las plantas se encuentran unidas por una escalera, que en este proyecto no se climatizará. La altura de ambas plantas es de 2,5m, con un falso techo de 30cm.

En el Anexo IV se adjuntan los planos de la vivienda y a continuación en la siguiente tabla se resume la superficie de cada sala:

	Zona	Superficie (m ²)
PLANTA BAJA	Dormitorio1	12,0
	Aseo 1	5,0
	Dormitorio 2	12,2
	Aseo 2	5,2
	Dormitorio 3	12,5
	Aseo 3	3,0
	Aseo 4	3,4
	Cocina	19,7
	Recibidor	17,1
	Salón-Comedor	58,4
	Cuarto de plancha	11,1
	TOTAL PB CLIMATIZADOS	154,6
	TOTAL PB	172,99
PLANTA PRIMERA	Dormitorio 4	8,1
	Dormitorio 5	10,0
	Aseo 5	4,1
	Dormitorio 6	13,9
	Aseo 6	4,8
	Dormitorio 7	10,6
	TOTAL P1 CLIMATIZADOS	51,5
	TOTAL P1	74,08

Tabla 3. **Distribución de la vivienda.**

2. CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS

Para poder abordar el diseño de una instalación de calefacción es necesario tener en cuenta las características de los locales a climatizar. Habrá que tener en cuenta las fuentes de calor presentes, así como el calor generado por las personas que ocupan el local, por los equipos eléctricos, por la radiación solar que entra por las ventanas; así como las fugas de calor debidas a la transmisión de calor a través de los cerramientos (paredes, techos, suelos, etc) y los efectos del del aire exterior de renovación, las pérdidas producidas por ventilación y fugas de aire caliente del interior. Para el cálculo de las cargas térmicas se ha empleado el paquete informático *Procedimientos Uno*¹, en concreto el programa *CLwin*.

2.1. CONDICIONES DE DISEÑO

2.1.1 Condiciones interiores de cálculo.

Para la estimación de las condiciones interiores hay que tener en cuenta la normativa vigente; Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas IT.

Las condiciones interiores han de ser tales que sean capaces de satisfacer el bienestar térmico o confort de los ocupantes. Según el RITE, el ambiente térmico se define por aquellas características que condicionan los intercambios térmicos del cuerpo humano con el ambiente, en función de la actividad de la persona y del aislamiento térmico de su vestimenta, y que afecta a la sensación de bienestar de su vestimenta. Estas características son la temperatura del aire, la velocidad media del mismo en la zona ocupada y la humedad relativa.

Según la Instrucción Técnica IT 1.1.4.1.2. las condiciones interiores de diseño se fijarán en función de la actividad metabólica de las personas y su grado de vestimenta. Dichos valores se recogen en la siguiente tabla:

Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Tabla 4. **Condiciones interiores de diseño. IT 1.1.4.1.2.**

¹ **Procedimientos Uno** es un paquete comercial de programas de Arquitectura e Ingeniería desarrollados por una empresa española. El paquete cuenta con aplicaciones para el diseño de instalaciones eléctricas, térmicas, suministro de agua, protección contra incendios y otras muchas actividades relacionadas con la construcción. Las aplicaciones realizan los cálculos según las normativas vigentes.

La temperatura operativa o temperatura seca elegida para el invierno ha sido 21°C y la humedad 50%.

2.1.2. Condiciones exteriores de cálculo.

Para la selección de las condiciones exteriores del proyecto, se tiene en cuenta la norma UNE 100001 "Climatización. Condiciones climáticas para proyectos", que quedan definidas de la siguiente manera sabiendo que la vivienda se sitúa en Barajas (Madrid):

- Temperatura seca invierno -3,7°C
- Percentil condiciones de invierno 97,5%
- Variación diurna de temperaturas 15,8°C
- Grado acumulados en base 15 – 15°C 1403 días-grado
- Orientación del viento dominante N
- Velocidad del viento dominante 4,4 m/s
- Altura sobre el nivel del mar 595,00 m
- Latitud 40° 28' Norte

En un anexo (ANEJO I) de cálculo aparece la evolución de las temperaturas secas y húmedas máximas corregidas para todos los meses del año y horas del día, según las tablas de corrección UNE 100014-84.

2.2. CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LOS CERRAMIENTOS

Según el Apéndice E del Documento Básico HE (Ahorro de Energía) del CTE la transmitancia térmica se calcula con la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

siendo

- **U**: transmitancia térmica en W/m²K.
- **R_T**: resistencia térmica total, que a su vez se calcula con:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

siendo

- **R₁, R₂, ..., R_n**: las resistencias térmicas de cada una de las capas que componen el cerramiento. Se obtienen utilizando la siguiente expresión:

$$R_i = \frac{e_i}{\lambda_i}$$

donde

- e_i : espesor de cada capa.
- λ_i : conductividad térmica del material que conforma la capa.
- R_{si} y R_{se} : resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior. Se toman de la siguiente tabla teniendo en cuenta la posición del cerramiento y la dirección del flujo de calor.

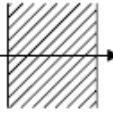
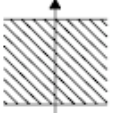
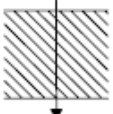
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente		0,04	0,17

Tabla 5 . **Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior. DB HS**

A continuación se va a detallar los valores de la transmitancia térmica de los distintos cerramientos, para ello se ha utilizado el programa eCondensa. Este programa utiliza la librería de materiales de CTE-LIDER y tiene en cuenta que los cerramientos han de cumplir el CTE (no pueden sufrir condensaciones intersticiales ni superficiales y no deben superar la transmitancia límite de la zona climática donde se encuentra la vivienda)

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, particiones interiores en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos ⁽²⁾	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas ⁽³⁾	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

⁽²⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos

⁽³⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

Tabla 6 . **Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m²K. DBHE.**

ZONA CLIMÁTICA D3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,28$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,54	-	0,57
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,42	0,58	0,45
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	0,50	-	0,53	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,42	0,61	0,46	0,30	0,43	0,32

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,47 $\text{W/m}^2 \text{ K}$ se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas D1, D2 y D3.

Tabla 7 . **Valores límite de la transmitancia térmica para la zona climática D3. DBHE.**

El cálculo del porcentaje de huecos de la vivienda se ha calculado en la siguiente tabla:

Orientación	Superficie fachada (m^2)	Superficie huecos (m^2)	Superficie total (m^2)	% Superficie huecos (m^2)
NO	64	3,8	67,8	6%
NE	51,7	7,5	59,2	13%
SE	75,1	4,5	79,6	6%
SO	63,6	16,2	79,8	20%
TOTAL	254,4	32	286,4	11%

Tabla 8 . **Supercficie de fachada y huecos para cada orientación.**

En las siguientes tablas se pueden ver la composición de los diferentes cerramientos. Únicamente se han calculado los valores de las transmitancias térmicas de los cerramientos para el invierno, estos valores varían para el verano ya que el flujo de calor es el opuesto.

Para la descripción de los cerramientos se usarán las siguientes abreviaturas:

BC: Bloque cerámico
 MW: Lana mineral
 LH: Ladrillo hueco
 PUR: Aislante Poliuretano reticular
 HFC: Hidrofluorocarbono
 FR: Forjado reticular

FACHADA

Desde el exterior hacia el interior:

CERRAMIENTO: Fachada			
Material	e (cm)	λ (W/m°C)	R (m ² °C/W)
BC con mortero aislante	12	0,3016	0,3979
Cámara de aire sin ventilar vertical	5	0,2778	0,18
MW Lana mineral	3	0,031	0,9677
Tabique de LH sencillo	4	0,4444	0,09
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco	2	1,8	0,0111
Mortero de yeso	2	0,8	0,025
TOTAL	28		1,842

Tabla 9 . **Características de los materiales que conforman la fachada.**

La fachada es un cerramiento vertical y con flujo de calor en invierno hacia el exterior luego:

$$R_{isk}=0,13 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

$$R_{se}=0,04 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i} + R_{se} = 1,842 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = 0,543 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Como se puede observar el valor de la transmitancia térmica de la fachada no supera el valor límite para la zona climática D3 ($U_{MAX}=0,66 \text{ W/m}^2\text{°C}$)

CUBIERTAS

Desde el exterior hacia el interior:

CERRAMIENTO: Cubierta inclinada			
Material	e (cm)	λ (W/m°C)	R (m ² °C/W)
Teja de arcilla cocida	2	1	0,02
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido	2	1,8	0,0111
PUR Plancha con HFC o Pentano y rev. permeable gases	7	0,027	2,5926
FR entrevigado cerámico	25	1,6667	0,15
Enlucido de yeso	2	0,57	0,0351
TOTAL	38		2,949

Tabla 10 . **Características de los materiales que conforman la cubierta inclinada.**

$$U = 0,339 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

La cubierta inclinada en algunas zonas forma un ángulo con la vertical de 63,5° y en otras de 72,8°.

CERRAMIENTO: Cubierta plana			
Material	e (cm)	λ (W/m°C)	R (m ² °C/W)
Teja de arcilla cocida	2	1	0,02
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido	2	1,8	0,0111
PUR Plancha con HFC o Pentano y rev. permeable gases	7	0,027	2,5926
FR entrevigado cerámico	25	1,6667	0,15
Enlucido de yeso	2	0,57	0,0351
TOTAL	38		2,949

Tabla 11 . *Características de los materiales que conforman la cubierta plana.*

Para el cálculo de la transmitancia se ha tenido en cuenta que el flujo de calor en invierno en las cubiertas es ascendente.

$$R_{si}=0,10 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

$$R_{se}=0,04 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i} + R_{se} = 2,949 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = 0,339 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Valor inferior al permitido para las cubiertas en el CTE-DBHE para la zona climática D3 ($U_{MAX}=0,38 \text{ W/m}^2\text{°C}$)

FORJADO EN CONTACTO CON LOCAL NO CLIMATIZADO

De abajo a arriba:

CERRAMIENTO: Forjado contacto local no climatizado			
Material	e (cm)	λ (W/m°C)	R (m ² °C/W)
Placa de yeso o escayola	7	0,25	0,28
Cámara de aire sin ventilar vertical	10	0,5263	0,19
FR entrevigado cerámico	25	1,6667	0,15
MW Lana mineral	1	0,031	0,3226
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido	2	1,8	0,0111
Mármol	4	3,5	0,0114
TOTAL	49		1,175

Tabla 12 . *Características de los materiales que conforman el forjado en contacto con un local no climatizado.*

Para este tipo de cerramiento se tiene en cuenta que flujo de calor es descendente.

$$R_{si}=0,17 \text{ m}^2\text{C/W}$$

$$R_{se}=0,04 \text{ m}^2\text{C/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i} + R_{se} = 1,175 \text{ m}^2\text{C/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U=0,851 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Valor que cumple el CTE-DBHE.

SOLERA

De abajo a arriba:

CERRAMIENTO: Solera			
Material	e (cm)	λ (W/m°C)	R (m ² C/W)
Arena y grava	40	2	0,2
Hormigón con áridos ligeros	4	1,15	0,0348
Betún fieltro o lámina	0,5	0,23	0,0217
PUR Plancha con HFC o Pentano y rev. permeable gases	4	0,027	1,4815
Hormigón en masa	25	2	0,125
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido	2	1,8	0,0111
Mármol	4	3,5	0,0114
TOTAL	79,5		2,096

Tabla 13 . *Características de los materiales que conforman la solera.*

Para la solera el flujo de calor en invierno es descendente.

$$R_{si}=0,17 \text{ m}^2\text{C/W}$$

$$R_{se}=0,04 \text{ m}^2\text{C/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i} + R_{se} = 2,096 \text{ m}^2\text{C/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U= 0,477 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Este valor es inferior al máximo permitido en el CTE-DBHE para la transmitancia térmica de suelos en contacto con el terreno ($U_{MAX}=0,86 \text{ W/m}^2\text{C}$)

TABIQUE INTERIOR EN CONTACTO CON LOCAL NO CLIMATIZADO

CERRAMIENTO: Tabique interior contacto local no climatizado			
Material	e (cm)	λ (W/m°C)	R (m²°C/W)
Placa de yeso o escayola	1,5	0,25	0,06
Cámara de aire sin ventilar vertical	10	0,5263	0,19
MW Lana mineral	2	0,031	0,6452
Placa de yeso o escayola	3	0,25	0,12
TOTAL	16,5		1,185

Tabla 14 . **Características de los materiales que conforman el tabique interior en contacto con locales no climatizados.**

Los tabiques presentan flujo de calor vertical:

$$R_{si}=0,13 \text{ m}^2\text{C/W}$$

$$R_{se}=0,04 \text{ m}^2\text{C/W}$$

$$R_T = R_{si} + \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i} + R_{se} = 1,185 \text{ m}^2\text{C/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = 0,844 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Esta transmitancia es menor a la máxima permitida en el CTE-DBHE para las particiones interiores en contacto con espacios no habitables. ($U_{MAX}=0,86 \text{ W/m}^2\text{C}$)

PUERTAS

CERRAMIENTO: Puerta exterior			
Material	e (cm)	λ (W/m°C)	R (m²°C/W)
Madera frondosa	3,5	0,21	0,1667
TOTAL	3,5		0,167

Tabla 15 . **Características de los materiales que conforman la puerta exterior.**

Lógicamente las puertas también presentan flujo de calor vertical.

$$U=2,967 \text{ W/m}^2\text{C}$$

CERRAMIENTO: Puerta interior			
Material	e (cm)	λ (W/m°C)	R (m²°C/W)
Tablero aglomera de partículas	2	0,08	0,2500
TOTAL	2		0,25

Tabla 16 . **Características de los materiales que conforman la puerta interior.**

$$U=2,13 \text{ W/m}^2\text{C}$$

VENTANAS

CERRAMIENTO: Ventana			
Material	e (cm)	λ (W/m°C)	R (m ² °C/W)
Vidrio plano para acristalar	0,6	0,95	0,0063
Cámara de aire sin ventilar	1,2		0,17
Vidrio plano para acristalar	0,6	0,95	0,0063
TOTAL	2,4		0,35

Tabla 17 . **Características de los materiales que conforman la ventana.**

La ventana presenta flujo de calor vertical luego

$$R_{si}=0,13 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

$$R_{se}=0,04 \text{ m}^2\text{°C/W}$$


$$R_T = R_{si} + \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i} + R_{se} = 0,35 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

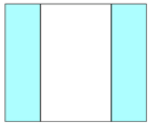
$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U= 2,8 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Valor que cumple el CTE DBHE.

Otra forma de obtener la transmitancia térmica de los vidrios ha sido utilizando el programa Calumen proporcionado por el fabricante Saint-Gobain. El vidrio elegido es doble (climalit); un primer vidrio de 6 mm con protección solar tipo Planilux seguido de una cámara de aire de 12 mm y de un segundo vidrio igual al primero. El marco elegido es de PVC. El factor solar obtenido es 0,72.

 http://www.saint-gobain-glass.com	01-04-2009
--	------------

<p>Diseño del acristalamiento</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th></th> <th>A-Primer vidrio</th> <th>B- Segundo vidrio</th> <th>C-Tercer vidrio</th> </tr> <tr> <td>Gas</td> <td></td> <td>Aire 12 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Capa</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Primera hoja</td> <td>PLANILUX 6.0 mm</td> <td>PLANILUX 6.0 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Capa</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Película</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Segunda hoja</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Capa</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		A-Primer vidrio	B- Segundo vidrio	C-Tercer vidrio	Gas		Aire 12 mm		Capa				Primera hoja	PLANILUX 6.0 mm	PLANILUX 6.0 mm		Capa				Película				Segunda hoja				Capa			
	A-Primer vidrio	B- Segundo vidrio	C-Tercer vidrio																														
Gas		Aire 12 mm																															
Capa																																	
Primera hoja	PLANILUX 6.0 mm	PLANILUX 6.0 mm																															
Capa																																	
Película																																	
Segunda hoja																																	
Capa																																	


Espesor y pesos	
Espesor nominal	24.0 mm
Peso	30.0 kg/m ²

Factor UV	
Transmisión:	38 %

Factores luminosos	
Transmisión:	79 %
Reflexión exterior:	14 %
Reflexión interior:	14 %

Factores energéticos EN 410	
Transmisión:	64 %
Reflexión exterior:	12 %
Absorción A1	15 %
Absorción A2	10 %
Factor solar g	0.72
Shading coefficient SC :	0.83

Transmisión térmica	
Ug :	2.8 W/(m ² .K)

 <small>Certificado por el Fraunhofer Institut. Certificado por el TNO S&I</small>	CRISTINA LÁZARO LOZANO PROYECTO FIN DE CARRERAS - - -	Número telefónico - Número de teléfono móvil - Número de fax: - -
--	---	--

Este programa CALUMEN está aprobado por el TNO S&I para ejecutar ITC (Cálculos tipo inicial) con el objetivo de redactar un informe ITT (Ensayo inicial de tipo) de acuerdo con EN 673 e EN 410. Ref. Report TNO No TC-RAP-06-17286/mso.

El programa Calumen calcula los valores espectrofotométricos de los productos de Saint-Gobain-Glass y de sus combinaciones. Es responsabilidad del usuario del mismo vigilar que el producto calculado es apto para la aplicación prevista así como el respeto de la normativa y reglamentación vigente y aplicable en cada momento. El usuario verificará la disponibilidad comercial de la combinación calculada. Saint-Gobain declina cualquier responsabilidad derivada del uso incorrecto de este programa.

Estos valores se calculan según las normas EN 410 (valores espectrofotométricos) y EN 673 (coeficiente de transmisión térmica Ug). Estos valores calculados son valores promedio, dados únicamente para propósitos indicativos y están sujetos a modificaciones. La tolerancia es de +/- 3 puntos para los valores de los factores luminosos y energético y de +/- 0,1 W/m².K para el valor del coeficiente de transmisión térmica.

Figura 15. **Características del vidrio empleado. Obtenido con el programa Calumen.**

Una vez establecidos valores de las transmitancias térmicas de los cerramientos y las condiciones interiores y exteriores de cálculo, se va a proceder al cálculo de la carga térmica de diseño, que se obtiene con las condiciones más desfavorables y servirá para dimensionar los equipos que harán frente a esa demanda.

2.3. MÉTODO DE CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

El método de cálculo utilizado TFM (Método de la Función de Transferencia) corresponde al descrito por ASHRAE en su publicación HVAC Fundamentals de 1997. Este método tiene como fundamento el estimar las cargas de calentamiento hora por hora y es aplicado para el cálculo de flujo unidimensional de transferencia de calor en paredes y techos. La ASHRAE generó factores de decremento efectivos de calor para 41 tipos diferentes de pared y 42 tipos de techo, que son presentados para utilizarse como coeficientes de la función de transferencia.

La potencia térmica máxima para calefacción se calcula para la situación más desfavorable (Enero a las 6 horas según las tablas UNE 100014-84). Dicha situación se produce a temperatura mínima, radiación solar nula y mínima presencia de personas, luces y motores. Al tratarse de un sistema de calefacción hay que tener en cuenta que las cargas son pérdidas de calor, al mantenerse una temperatura ambiente superior a la temperatura exterior, excepto en el caso de las cargas internas.

2.3.1. Ganancias térmicas instantáneas.

El primer paso consiste en el cálculo para cada mes y cada hora de la ganancia o pérdida de calor instantánea debida a cada uno de los siguientes elementos:

- **Transmisión paredes y techos**

Cerramientos opacos al exterior, excepto los que no reciben los rayos solares. La ganancia instantánea para cada hora se calcula usando la siguiente función de transferencia (ASHRAE):

$$Q_{GAN,t} = A \times \left[\sum_{n=0} b_n \times (t_{sa,t-n\Delta}) - \sum_{n=1} d_n \times \frac{(Q_{GAN,t-n\Delta})}{A} - t_{ai} \times \sum_{n=0} c_n \right]$$

Donde:

$Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el ambiente a través de la superficie interior del techo o pared (w)

A = Área de la superficie interior (m²)

$T_{sa,t-n\Delta}$ = Temperatura sol aire en el instante t-nΔ

Δ = Incremento de tiempos igual a 1 hora.

t_{ai} = Temperatura del espacio interior supuesta constante

b_n

c_n

d_n = Coeficientes de la función de transferencia según el tipo de cerramiento

La temperatura sol-aire sirve para corregir el efecto de los rayos solares sobre la superficie exterior del cerramiento:

$$t_{sa} = t_{ec} + \alpha \times \frac{I_t}{h_o} - \varepsilon \times \frac{\Delta R}{h_o} \times \cos(90^\circ - \beta)$$

Donde:

t_{sa}	=	Temperatura sol-aire para un mes y una hora dadas (°C)
t_{ec}	=	Temperatura seca exterior corregida según mes y hora (°C)
I_t	=	Radiación solar incidente en la superficie (w/m ²)
h_o	=	Coeficiente de convección exterior (w/m ² °C)
α	=	Coeficiente de absorción a la radiación de la pared exterior (depende del color)
β	=	Ángulo de inclinación del cerramiento respecto de la vertical (horizontales 90°).
ε	=	Emitancia hemisférica de la superficie.
ΔR	=	Diferencia de radiación superficie/cuerpo negro (w/m ²)

- **Transmisión excepto paredes y techos**

- **Cerramientos al interior**

Ganancias instantáneas por transmisión en cerramientos opacos interiores y que no están expuestos a los rayos solares.

$$Q_{GAN,t} = K \times A \times (t_l - t_{ai})$$

Donde:

$Q_{GAN,t}$	=	Ganancia de calor sensible en el instante t (W)
K	=	Coeficiente de transmisión del cerramiento (W/m ² ·°C)
A	=	Área de la superficie interior (m ²)
t_l	=	Temperatura del local contiguo (°C)
t_{ai}	=	Temperatura del espacio interior supuesta constante (°C)

- **Acristalamientos al exterior**

Ganancias instantáneas por transmisión en superficies acristaladas al exterior.

$$Q_{GAN,t} = K \times A \times (t_{ec} - t_{ai})$$

Donde:

$Q_{GAN,t}$	=	Ganancia de calor sensible en el instante t (W)
K	=	Coeficiente de transmisión del cerramiento (W/m ² ·°C)
A	=	Área de la superficie interior (m ²)
t_{ec}	=	Temperatura exterior corregida (°C)
t_{ai}	=	Temperatura del espacio interior supuesta constante (°C)

- **Puertas al exterior**

Un caso especial son las puertas al exterior, en las que hay que distinguir según su orientación:

$$Q_{GAN,t} = K \times A \times (t_l - t_{ai})$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante t (W)
- K = Coeficiente de transmisión del cerramiento (W/m²·°C)
- A = Área de la superficie interior (m²)
- t_{ai} = Temperatura del espacio interior supuesta constante (°C)
- t_l = Para orientación Norte: Temperatura exterior corregida (°C)
Excepto orientación Norte: Temperatura sol-aire para el instante t (°C)

- **Calor interno**

- **Ocupación (personas)**

Calor generado por las personas que se encuentran dentro de cada local. Este calor es función principalmente del número de personas y del tipo de actividad que están desarrollando. Los ocupantes aportan carga sensible y carga latente.

$$Q_{GAN,t} = Q_s \times n \times 0'01 \times Fd_t$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante t (w)
- Q_s = Ganancia sensible por persona (w). Depende del tipo de actividad
- n = Número de ocupantes
- Fd_t = Porcentaje de ocupación para el instante t (%) . Su valor ronda el 75%.

Se considera que 67% del calor sensible se disipa por radiación y el resto por convección.

$$Q_{GANI,t} = Q_l \times n \times 0'01 \times Fd_t$$

Donde:

- $Q_{GANI,t}$ = Ganancia de calor latente en el instante t (w)
- Q_l = Ganancia latente por persona (w). Depende del tipo de actividad
- n = Número de ocupantes
- Fd_t = Porcentaje de ocupación para el instante t (%). Su valor ronda el 75%.

Los valores de la ganancia sensible y latente por persona, dependen del tipo de actividad que este realizando, valor que está intimamente relacionado con el tipo de utilización de la zona de la vivienda. En la siguiente tabla se precisan dichos valores:

ZONA	CALOR SENSIBLE POR PERSONA (W)	CALOR LATENTE POR PERSONA (W)
Aseos	89	121
Cocina	98	129
Dormitorios	71	31
Zonas comunes	89	121
Salas de estar y comedores	71	31

Tabla 18. **Valores del calor sensible y latente aportado por persona según uso de sala.**

En las instalaciones de calefacción de viviendas, no se suele considerar el aporte de calor de los ocupantes, ya que se supone que el sistema debe ser capaz de funcionar con una única persona presente. Aún así en la siguiente tabla se puede observar el valor de la ocupación de cada sala, además del calor sensible y latente aportado por persona.

Zona	Actividad	Nº per.	m ² por per.	Cs (W)	Cl (W)
Dormitorio1	Ocupación TIPICA	2	6,0	71	31
Aseo 1	Ocupación TIPICA	1	5,0	89	121
Dormitorio 2	Ocupación TIPICA	2	6,1	71	31
Aseo 2	Ocupación TIPICA	1	5,2	89	121
Dormitorio 3	Ocupación TIPICA	2	6,3	71	31
Aseo 3	Ocupación TIPICA	1	3,0	89	121
Aseo 4	Ocupación TIPICA	1	3,4	89	121
Cocina	Ocupación TIPICA	4	4,9	98	129
Recibidor	Ocupación TIPICA	1	17,1	89	121
Salón-Comedor	Ocupación TIPICA	11	5,3	71	31
Dormitorio 4	Ocupación TIPICA	1	8,1	71	31
Dormitorio 5	Ocupación TIPICA	2	5,0	71	31
Aseo 5	Ocupación TIPICA	1	4,1	89	121
Dormitorio 6	Ocupación TIPICA	2	7,0	71	31
Aseo 6	Ocupación TIPICA	1	4,8	89	121
Dormitorio 7	Ocupación TIPICA	2	5,3	71	31
Cuarto Plancha	Ocupación TIPICA	1	11,1	89	121

Tabla 19. *Niveles de ocupación, calor sensible y latente para cada sala.*

Siendo,

Cs: Calor sensible en W aportado por persona a una temperatura ambiente de 25 °C.

Cl: Calor latente en W aportado por persona a una temperatura ambiente de 25 °C.

○ Alumbrado

Calor generado por los aparatos de alumbrado que se encuentran dentro de cada local. Este calor es función principalmente del número y tipo de aparatos.

$$Q_{GAN,t} = Q_s \times n \times 0'01 \times Fd_t$$

Donde:

$Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante t (w)

Q_s = Potencia por luminaria (w). Para fluorescente se multiplica por 1'25.

n = Número de luminarias.

Fd_t = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%)

Se ha considerado una potencia de iluminación, igual para toda la vivienda y de valor 15 W/m². El porcentaje de funcionamiento tomado es de un 10%.

○ Aparatos eléctricos

Calor generado por los aparatos exclusivamente eléctricos que se encuentran dentro de cada local. Este calor es función principalmente del número y tipo de aparatos.

$$Q_{GAN,t} = Q_s \times n \times 0'01 \times Fd_t$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante t (w)
 Q_s = Ganancia sensible por aparato (w). Depende del tipo.
 n = Número de aparatos.
 Fd_t = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%) . El porcentaje de funcionamiento tomado es de un 10%.

Se considera que el 60% del calor sensible se disipa por radiación y el resto por convección.

○ **Aparatos térmicos**

Calor generado por los aparatos térmicos que se encuentran dentro de cada local. Este calor es función principalmente del número y tipo de aparatos.

$$Q_{GAN,t} = Q_s \times n \times 0'01 \times Fd_t$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante t (w)
 Q_s = Ganancia sensible por aparato (w). Depende del tipo.
 n = Número de aparatos.
 Fd_t = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%) . El porcentaje de funcionamiento tomado es de un 10%.

Se considera que el 60% del calor sensible se disipa por radiación y el resto por convección.

$$Q_{GANI,t} = Q_l \times n \times 0'01 \times Fd_t$$

Donde:

- $Q_{GANI,t}$ = Ganancia de calor latente en el instante t (w)
 Q_l = Ganancia latente por aparato (w). Depende del tipo
 n = Número de aparatos
 Fd_t = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%). El porcentaje de funcionamiento tomado es de un 10%.

Los Los niveles de iluminación y de potencia de los equipos eléctricos que se emplearán en cada zona están enumerados en la lista siguiente:

Sistema/Zona	Tipo de iluminación	W	Nº	W/m ²
Dormitorio1	Alumbrado TIPICO	15	12	15,0
Dormitorio1	Ordenador PC-250w	250	2	41,7
Aseo 1	Alumbrado TIPICO	15	5	15,0
Dormitorio 2	Alumbrado TIPICO	15	12	15,0
Aseo 2	Alumbrado TIPICO	15	5	15,0
Dormitorio 3	Alumbrado TIPICO	15	12	15,0

Dormitorio 3	Ordenador PC-250w	250	1	20,0
Aseo 3	Alumbrado TIPICO	15	3	15,0
Aseo 4	Alumbrado TIPICO	15	3	15,0
Cocina	Alumbrado TIPICO	15	19	15,0
Cocina	Equipo Horno-Microondas	800	1	40,6
Cocina	Nevera	200	1	10,1
Cocina	Televisor	200	1	10,1
Recibidor	Alumbrado TIPICO	15	17	15,0
Salón-Comedor	Alumbrado TIPICO	15	58	15,0
Salón-Comedor	Ordenador PC-250w	250	1	4,3
Salón-Comedor	Televisor	250	1	4,3
Cuarto de Plancha	Alumbrado TIPICO	15	11	15,0
Cuarto de Plancha	Plancha de vapor	1.200	1	108,1
Dormitorio 4	Alumbrado TIPICO	15	8	15,0
Dormitorio 5	Alumbrado TIPICO	15	10	15,0
Aseo 5	Alumbrado TIPICO	15	4	15,0
Dormitorio 6	Alumbrado TIPICO	15	13	15,0
Aseo 6	Alumbrado TIPICO	15	4	15,0
Dormitorio 7	Alumbrado TIPICO	15	10	15,0
TOTAL				6.816,5 W

Tabla 20. **Valores de los niveles de iluminación y de potencia de los equipos eléctricos de cada zona.**

• **Aire exterior**

Ganancias instantáneas de calor debido al aire exterior de ventilación.

$$Q_{GAN,t} = 0'34 \times f_a \times V_{aes} \times 0'01 \times Fd_t \times (t_{ec} - t_{ai})$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante t (w)
- f_a = Coeficiente corrector por altitud geográfica.
- V_{ae} = Caudal de aire exterior (m³/h).
- t_{ec} = Temperatura seca exterior corregida (°C).
- t_{ai} = Temperatura del espacio interior supuesta constante (°C)
- Fd_t = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%)

Se considera que el 100% del calor sensible aparece por convección.

$$Q_{GAN,t} = 0'83 \times f_a \times V_{aes} \times 0'01 \times Fd_t \times (X_{ec} - X_{ai})$$

Donde:

$Q_{GANI,t}$	=	Ganancia de calor sensible en el instante t (w)
f_a	=	Coeficiente corrector por altitud geográfica.
V_{ae}	=	Caudal de aire exterior (m^3/h).
X_{ec}	=	Humedad específica exterior corregida (gr agua/kg aire).
X_{ai}	=	Humedad específica del espacio interior (gr agua/kg aire)
Fd_t	=	Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%)

El caudal de aire de ventilación se obtiene en función del uso del local, de su superficie y del número de ocupantes, aplicando la siguiente tabla del Documento Básico HS3 del Código Técnico de la Edificación, y la norma UNE-EN 13779 "Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos".

		Caudal de ventilación mínimo exigido q_v en l/s		
		Por ocupante	Por m^2 útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2 ⁽¹⁾	50 por local ⁽²⁾
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

⁽¹⁾ En las cocinas con sistema de cocción por combustión o dotadas de calderas no estancas este caudal se incrementa en 8 l/s.

⁽²⁾ Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

Tabla 21. **Caudales de ventilación mínimos exigidos. DBHS 3.**

En el Documento Básico HS3 también se especifica cómo tienen que ser los sistemas de ventilación en las viviendas; "el aire debe circular desde los *locales* secos a los húmedos, para ello los comedores, los dormitorios y las salas de estar deben disponer de aberturas de *admisión*; los aseos, las cocinas y los cuartos de baño deben disponer de aberturas de *extracción*; las particiones situadas entre los locales con *admisión* y los locales con *extracción* deben disponer de *aberturas de paso*"

En la siguiente figura se muestran dos ejemplos de ventilación en viviendas:

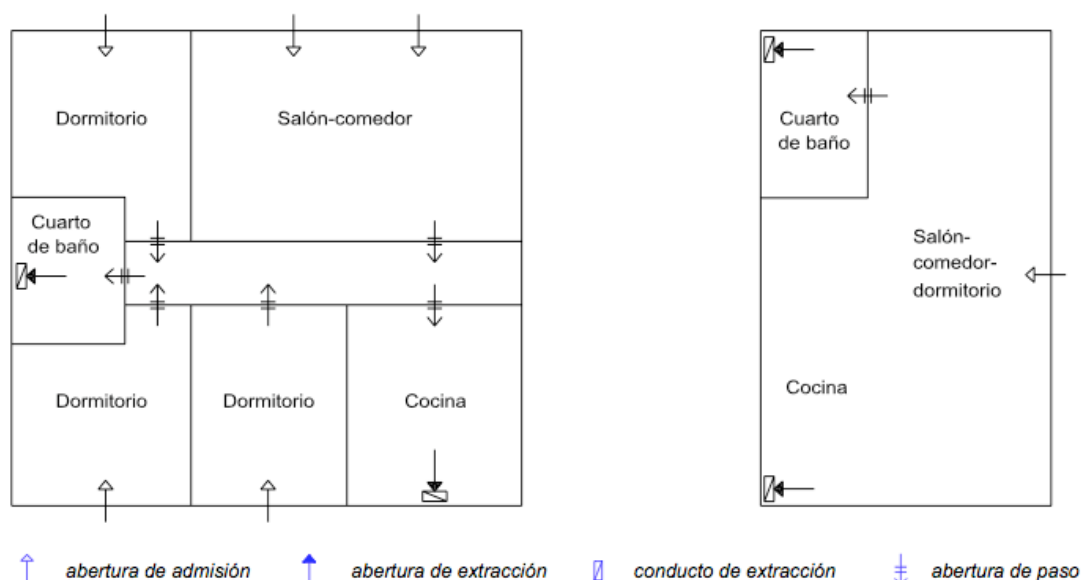


Figura 16. **Ejemplo de ventilación en el interior de viviendas. DB HS3.**

A todas las salas se les ha asignado una ventilación mínima de 1 renovación/hora.

Los niveles de ventilación asignados a cada zona son los que aparecen en la siguiente tabla:

CAUDAL AIRE EXTERIOR						
Zona	Calidad	Por persona (m ³ /h)	Por m ² (m ³ /h)	Por local (m ³ /h)	Valor elegido (m ³ /h)	Renov. (1/h)
Dormitorio1	CTE HS3	18			40,0	1,3
Dormitorio 2	CTE HS3	18			37,0	1,2
Dormitorio 3	CTE HS3	18			37,0	1,2
Recibidor	CTE HS3		2,5		43,8	1,0
Salón-Comedor	CTE HS3	10,8			156,0	1,1
Cuarto plancha	CTE HS3		2,5		28,0	1,0
Dormitorio 4	CTE HS3	18			21,0	1,0
Dormitorio 5	CTE HS3	18			42,0	1,7
Dormitorio 6	CTE HS3	18			37,0	1,1
Dormitorio 7	CTE HS3	18			42,0	1,6

Tabla 22. **Niveles de ventilación para cada zona.**

• Infiltraciones

El caudal de aire de infiltración varía según la estanqueidad de las puertas y ventanas, la porosidad de las paredes del edificio, su altura, escaleras, dirección y velocidad del viento, y caudales relativos de aire de ventilación y extracción. Muchos de estos factores no pueden ser calculados con exactitud y deben ser objeto de una estimación más o menos empírica. Para el cálculo de las infiltraciones se considerará un porcentaje (un 20%) de la carga por ventilación.

El horario de funcionamiento de la calefacción es desde las 11h de la mañana hasta

las 23 h de la noche. En la siguiente tabla se puede ver la evolución del porcentaje de funcionamiento a lo largo del día para cada uno de los horarios utilizados:

PORCENTAJE DE CARGA PARA CADA HORA SOLAR																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
0 %										100 %													0%	

Tabla 23. **Porcentaje de carga para cada hora solar.**

Para este tipo de funcionamiento, el programa *CLwin* (perteneciente al paquete informático *Procedimientos Uno*) nos proporciona una inercia o mayoración del 12%. Esta mayoración se hace con el objetivo de alcanzar la temperatura de confort más rápidamente en las arrancadas de la instalación.

Los valores de los suplementos por orientación que se tendrán en cuenta son los siguientes:

ORIENTACIÓN	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Suplemento	17,5 %	17,5 %	12,5 %	7,5 %	0,0 %	3,5 %	7,5 %	12,5 %

Tabla 24. **Valores de los suplementos por orientación.**

La pérdida total será la suma de las pérdidas debidas a los cerramientos verticales y horizontales y a las pérdidas de renovación e infiltración más la carga latente de los caudales de infiltración y renovación. En cuanto a las ganancias se considerará un pequeño porcentaje del calor aportado por la iluminación y por aparatos eléctricos.

A continuación se muestran las hojas de cargas para cada zona de la vivienda.

EXPEDIENTE	001	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN DE ZONA				
PROYECTO	PFC					
FECHA	15/03/09					
SISTEMA	Sistema 1	CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
ZONA	Dormitorio 1	Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
DESTINADA A	Viviendas. Dormitorios	(°C)	-3,7	21,0	24,7	
DIMENSIONES	12,0 m² x 2,50 m	VOLUMEN	30,0 m³			
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	Orientación	Suplemento por orientación	Superficie de cerramiento (m²)	Coefficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Fachada NO	NO	1,125	6,6	0,54	-3,7	100
Ventana NO	NO	1,125	1,8	2,80	-3,7	140
Fachada NE	NE	1,175	10,4	0,54	-3,7	164
Cubierta	NE	1,000	12,0	0,34	-3,7	100
Mayoración						564
TRANSMISIÓN CON OTROS LOCALES	Superficie de cerramiento (m²)		Coefficiente de transmisión K (W/m²°C)		Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Cerramiento interior	1,5		0,84		8,7	16
Puerta interior	1,5		2,13		8,7	39
Solera	12,0		0,48		3,0	103
Mayoración						176
VENTILACIÓN AIRE EXTERIOR			Caudal. Aire exterior (m³/h)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)	
40,0 m³/h Ventilación			40	-3,7	314	
Mayoración						351
INFILTRACIÓN PUERTAS Y VENTANAS						Carga de Calefacción (W)
20 % Carga por ventilación						63
Mayoración						70
CALOR SENSIBLE INTERNO				Potencia	Ud.	Carga de Calefacción (W)
15 W/m² Alumbrado				12	15	180
2 Ud. Equipo ORDENADOR-250W				250	2	500
10% Coeficiente de simultaneidad						-68
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (Con utilización de 12 a 16 horas diarias)						12,0%
Otros suplementos						0,0%
Coeficiente total de mayoración						1,120
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN						1093 W
Carga de calefacción por unidad de superficie:						91,08 W/m²

Tabla 25. *Hoja de cargas para el dormitorio 1.*

EXPEDIENTE	001	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN DE ZONA				
PROYECTO	PFC					
FECHA	15/03/09					
SISTEMA	Sistema 1	CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
ZONA	Aseo 1	Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
DESTINADA A	Viviendas. Aseos y cuartos de baño	(°C)	-3,7	21,0	24,7	
DIMENSIONES	5,0 m² x 2,50 m	VOLUMEN	12,5 m³			
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	Orientación	Suplemento por orientación	Superficie de cerramiento (m²)	Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Fachada NE	NE	1,175	7,0	0,54	-3,7	110
Ventana NE	NE	1,175	0,7	2,80	-3,7	57
Fachada SE	SE	1,075	5,3	0,54	-3,7	76
Cubierta	NE	1,000	5,0	0,34	-3,7	42
Mayoración						320
TRANSMISIÓN CON OTROS LOCALES	Superficie de cerramiento (m²)		Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)		Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Cerramiento interior	3,8		0,84		8,7	40
Solera	5,0		0,48		3,0	43
Mayoración						92
INFILTRACIÓN PUERTAS Y VENTANAS						Carga de Calefacción (W)
20 % Carga por ventilación de 1 renovación/hora						18
Mayoración						20
CALOR SENSIBLE INTERNO				Potencia	Ud.	Carga de Calefacción (W)
15 w/m² Alumbrado				5	15	75
10% Coeficiente de simultaneidad						-8
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (Con utilización de 12 a 16 horas diarias)						12,0%
Otros suplementos						0,0%
Coeficiente total de mayoración						1,120
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN						424 W
Carga de calefacción por unidad de superficie:						84,8 W/m²

Tabla 26. *Hoja de cargas para el aseo 1.*

EXPEDIENTE	001	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN DE ZONA				
PROYECTO	PFC					
FECHA	15/03/09					
SISTEMA	Sistema 1	CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
ZONA	Dormitorio 2	Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
DESTINADA A	Viviendas. Dormitorios	(°C)	-3,7	21,0	24,7	
DIMENSIONES	12,2 m² x 2,50 m	VOLUMEN	30,5 m³			
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	Orientación	Suplemento por orientación	Superficie de cerramiento (m²)	Coefficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Fachada NO	NO	1,125	10,9	0,54	-3,7	164
Fachada SO	SO	1,035	7,3	0,54	-3,7	101
Ventana SO	SO	1,035	1,8	2,80	-3,7	129
Cubierta	SO	1,000	12,2	0,34	-3,7	102
Mayoración						556
TRANSMISIÓN CON OTROS LOCALES	Superficie de cerramiento (m²)		Coefficiente de transmisión K (W/m²°C)		Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Cerramiento interior	1,5		0,84		8,7	16
Puerta interior	1,5		2,13		8,7	39
Solera	12,2		0,48		3,0	105
Mayoración						179
VENTILACIÓN AIRE EXTERIOR			Caudal. Aire exterior (m³/h)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)	
37,0 m³/h Ventilación			37,0	-3,7	290	
Mayoración						325
INFILTRACIÓN PUERTAS Y VENTANAS						Carga de Calefacción (W)
20 % Carga por ventilación						58
Mayoración						65
CALOR SENSIBLE INTERNO				Potencia	Ud.	Carga de Calefacción (W)
15 w/m² Alumbrado				12	15	183
10% Coeficiente de simultaneidad						-18
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (Con utilización de 12 a 16 horas diarias)						12,0%
Otros suplementos						0,0%
Coeficiente total de mayoración						1,120
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN						1107 W
Carga de calefacción por unidad de superficie:						90,74 W/m²

Tabla 27. *Hoja de cargas para el dormitorio 2.*

EXPEDIENTE	001	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN DE ZONA				
PROYECTO	PFC					
FECHA	15/03/09					
SISTEMA	Sistema 1	CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
ZONA	Aseo 2	Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
DESTINADA A	Viviendas. Aseos y cuartos de baño	(°C)	-3,7	21,0	24,7	
DIMENSIONES	5,2 m² x 2,50 m	VOLUMEN	13,0 m³			
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	Orientación	Suplemento por orientación	Superficie de cerramiento (m²)	Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Fachada SO	SO	1,035	6,7	0,54	-3,7	93
Ventana SO	SO	1,035	0,7	2,80	-3,7	50
Cubierta 1	SO	1,000	2,6	0,34	-3,7	22
Cubierta 2	NO	1,000	2,6	0,34	-3,7	22
Mayoración						209
TRANSMISIÓN CON OTROS LOCALES	Superficie de cerramiento (m²)		Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)		Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	
Cerramiento interior	6,1		0,84		8,7	
Solera	5,2		0,48		3,0	
Mayoración						121
INFILTRACIÓN PUERTAS Y VENTANAS					Carga de Calefacción (W)	
20 % Carga por ventilación de 1 renovación/hora					17	
Mayoración						20
CALOR SENSIBLE INTERNO				Potencia	Ud.	Carga de Calefacción (W)
15 w/m² Alumbrado AL-i/1w				5	15	78
10% Coeficiente de simultaneidad						-8
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (Con utilización de 12 a 16 horas diarias)						12,0%
Otros suplementos						0,0%
Coeficiente total de mayoración						1,120
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN						342 W
Carga de calefacción por unidad de superficie:						65,77 W/m²

Tabla 28. *Hoja de cargas para el aseo 2*

EXPEDIENTE	001	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN DE ZONA				
PROYECTO	PFC					
FECHA	15/03/09					
SISTEMA	Sistema 1	CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
ZONA	Dormitorio 3	Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
DESTINADA A	Viviendas. Dormitorios	(°C)	-3,7	21,0	24,7	
DIMENSIONES	12,5 m² x 2,50 m	VOLUMEN	31,3 m³			
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	Orientación	Suplemento por orientación	Superficie de cerramiento (m²)	Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Fachada NE	NE	1,175	7,2	0,54	-3,7	113
Fachada SE	SE	1,075	9,6	0,54	-3,7	138
Ventana NE	NE	1,175	1,5	2,80	-3,7	122
Mayoración						419
TRANSMISIÓN CON OTROS LOCALES	Superficie de cerramiento (m²)	Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)		Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)		Carga de Calefacción (W)
Cerramiento interior	2,6	0,84		8,7		27
Solera	12,5	0,48		3,0		107
Mayoración						150
VENTILACIÓN AIRE EXTERIOR			Caudal. Aire exterior (m³/h)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)		Carga de Calefacción (W)
37,0 m³/h Ventilación			37,0	-3,7		290
Mayoración						325
INFILTRACIÓN PUERTAS Y VENTANAS						Carga de Calefacción (W)
20 % Carga por ventilación						58
Mayoración						65
CALOR SENSIBLE INTERNO				Potencia	Ud.	Carga de Calefacción (W)
15 w/m² Alumbrado				13	15	188
Ordenador				250	1	250
10% Coeficiente de simultaneidad						-44
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (Con utilización de 12 a 16 horas diarias)						12,0%
Otros suplementos						0,0%
Coeficiente total de mayoración						1,120
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN						915W
Carga de calefacción por unidad de superficie:						73,2 W/m²

Tabla 29. *Hoja de cargas para el dormitorio 3.*

EXPEDIENTE	001	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN DE ZONA				
PROYECTO	PFC					
FECHA	15/03/09					
SISTEMA	Sistema 1	CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
ZONA	Aseo 3	Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
DESTINADA A	Viviendas. Aseos y cuartos de baño	(°C)	-3,7	21,0	24,7	
DIMENSIONES	3,0 m² x 2,50 m	VOLUMEN	7,5 m³			
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	Orientación	Suplemento por orientación	Superficie de cerramiento (m²)	Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Fachada NE	NE	1,175	2,8	0,54	-3,7	44
Ventana NE	NE	1,175	0,8	2,80	-3,7	65
Mayoración						122
TRANSMISIÓN CON OTROS LOCALES	Superficie de cerramiento (m²)	Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)		
Cerramiento interior	0,8	0,84	8,7	8		
Solera	3,0	0,48	3,0	26		
Mayoración						38
INFILTRACIÓN PUERTAS Y VENTANAS					Carga de Calefacción (W)	
20 % Carga por ventilación de 1 renovación/hora						9
Mayoración						10
CALOR SENSIBLE INTERNO				Potencia	Ud.	Carga de Calefacción (W)
15 w/m² Alumbrado AL-i/1w				3	15	45
10% Coeficiente de simultaneidad						-5
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (Con utilización de 12 a 16 horas diarias)						12,0%
Otros suplementos						0,0%
Coeficiente total de mayoración						1,120
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN						165 W
Carga de calefacción por unidad de superficie:						55 W/m²

Tabla 30. *Hoja de cargas para el aseo 3.*

EXPEDIENTE	001	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN DE ZONA				
PROYECTO	PFC					
FECHA	15/03/09					
SISTEMA	Sistema 1	CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
ZONA	Aseo 4	Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
DESTINADA A	Viviendas. Aseos y cuartos de baño	(°C)	-3,7	21,0	24,7	
DIMENSIONES	3,4 m² x 2,50 m	VOLUMEN	8,5 m³			
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	Orientación	Suplemento por orientación	Superficie de cerramiento (m²)	Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Fachada NE	NE	1,175	2,7	0,54	-3,7	43
Ventana NE	NE	1,175	1,5	2,80	-3,7	122
Mayoración						184
TRANSMISIÓN CON OTROS LOCALES	Superficie de cerramiento (m²)		Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)		Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Cerramiento interior	9,2		0,84		8,7	96
Puerta interior	1,3		2,13		8,7	34
Solera	3,4		0,48		3,0	29
Mayoración						178
INFILTRACIÓN PUERTAS Y VENTANAS						Carga de Calefacción (W)
20 % Carga por ventilación de 1 renovación/hora						9
Mayoración						10
CALOR SENSIBLE INTERNO				Potencia	Ud.	Carga de Calefacción (W)
15 w/m² Alumbrado AL-i/1w				3	15	51
10% Coeficiente de simultaneidad						-5
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (Con utilización de 12 a 16 horas diarias)						12,0%
Otros suplementos						0,0%
Coeficiente total de mayoración						1,120
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN						367 W
Carga de calefacción por unidad de superficie:						107,94 W/m²

Tabla 31. *Hoja de cargas para el aseo 4.*

EXPEDIENTE	001	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN DE ZONA				
PROYECTO	PFC					
FECHA	15/03/09					
SISTEMA	Sistema 1	CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
ZONA	Cocina	Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
DESTINADA A	Viviendas. Cocinas (sin combustión)	(°C)	-3,7	21,0	24,7	
DIMENSIONES	19,7 m² x 2,50 m	VOLUMEN	49,3 m³			
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	Orientación	Suplemento por orientación	Superficie de cerramiento (m²)	Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Fachada SO	SO	1,035	3,0	0,54	-3,7	42
Ventana SO	SO	1,035	1,5	2,80	-3,7	107
Fachada SE	SE	1,075	8,7	0,54	-3,7	125
Ventana SE	SE	1,075	1,5	2,80	-3,7	112
Fachada SE	SE	1,075	2,2	0,54	-3,7	32
Cubierta	SE	1,000	1,4	0,34	-3,7	12
Mayoración						481
TRANSMISIÓN CON OTROS LOCALES	Superficie de cerramiento (m²)	Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)		
Solera	19,7	0,48	3,0	169		
Mayoración						189
INFILTRACIÓN PUERTAS Y VENTANAS					Carga de Calefacción (W)	
20 % Carga por ventilación de 1 renovación/hora					65	
Mayoración						72
CALOR SENSIBLE INTERNO			Potencia	Ud.	Carga de Calefacción (W)	
15 w/m² Alumbrado			20	15	296	
Equipo Horno-Microondas			800	1	800	
Nevera			200	1	200	
Televisor			200	1	200	
Mayoración ,10% Coeficiente de simultaneidad						-150
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (Con utilización de 12 a 16 horas diarias)						12,0%
Otros suplementos						0,0%
Coeficiente total de mayoración						1,120
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN						592 W
Carga de calefacción por unidad de superficie:						30,05 W/m²

Tabla 32. *Hoja de cargas para la cocina.*

EXPEDIENTE	001	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN DE ZONA				
PROYECTO	PFC					
FECHA	15/03/09					
SISTEMA	Sistema 1	CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
ZONA	Recibidor	Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
DESTINADA A	Viviendas. Zonas comunes	(°C)	-3,7	21,0	24,7	
DIMENSIONES	17,1 m² x 2,50 m	VOLUMEN	42,8 m³			
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	Orientación	Suplemento por orientación	Superficie de cerramiento (m²)	Coefficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Fachada NO	NO	1,125	8,9	0,54	-3,7	134
Puerta acceso NO	NO	1,125	1,6	2,97	-3,7	132
Cubierta	NO	1,000	17,1	0,34	-3,7	143
Mayoración						459
TRANSMISIÓN CON OTROS LOCALES	Superficie de cerramiento (m²)	Coefficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)		
Suelo interior	8,0	0,85	8,7	84		
Puerta interior 1	1,7	2,13	8,7	45		
Puerta interior 2	1,5	2,13	8,7	39		
Cerramiento interior	12,1	0,84	8,7	126		
Solera 1	9,1	0,48	3,0	78		
Mayoración						417
VENTILACIÓN AIRE EXTERIOR			Caudal. Aire exterior (m³/h)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)	
43,8 m³/h Ventilación			43,8	-3,7	344	
Mayoración						385
INFILTRACIÓN PUERTAS Y VENTANAS					Carga de Calefacción (W)	
20 % Carga por ventilación					69	
Mayoración						77
CALOR SENSIBLE INTERNO				Potencia	Ud.	Carga de Calefacción (W)
15 w/m² Alumbrado				17	15	257
10% Coeficiente de simultaneidad						-26
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (Con utilización de 12 a 16 horas diarias)						12,0%
Otros suplementos						0,0%
Coeficiente total de mayoración						1,120
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN						1312 W
Carga de calefacción por unidad de superficie:						76,73 W/m²

Tabla 33. *Hoja de cargas para el recibidor.*

EXPEDIENTE	001	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN DE ZONA				
PROYECTO	PFC					
FECHA	15/03/09					
SISTEMA	Sistema 1	CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
ZONA	Salón-Comedor	Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
DESTINADA A	Viviendas. Salas de estar y comedores	(°C)	-3,7	21,0	24,7	
DIMENSIONES	58,4 m² x 2,50 m	VOLUMEN	146,0 m³			
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	Orientación	Suplemento por orientación	Superficie de cerramiento (m²)	Coefficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Fachada NE	NE	1,175	6,3	0,54	-3,7	99
Fachada NO	NO	1,125	15,7	0,54	-3,7	237
Fachada SO	SO	1,035	16,0	0,54	-3,7	222
Ventana SO	SO	1,035	2,0	2,80	-3,7	143
Ventana SO	SO	1,035	1,9	2,80	-3,7	136
Ventana SO	SO	1,035	2,0	2,80	-3,7	143
Fachada NO	NO	1,125	8,8	0,54	-3,7	133
Ventana NO	NO	1,125	2,0	2,80	-3,7	156
Fachada SO	SO	1,035	7,9	0,54	-3,7	110
Ventana SO	SO	1,035	2,0	2,80	-3,7	143
Fachada SE	SE	1,075	18,8	0,54	-3,7	271
Cubierta 1	NE	1,000	4,2	0,34	-3,7	35
Cubierta 2	SO	1,000	10,4	0,34	-3,7	87
Cubierta 3	NO	1,000	6,2	0,34	-3,7	52
Cubierta 4	SE	1,000	11,6	0,34	-3,7	97
Cubierta 5	NO	1,000	4,9	0,34	-3,7	41
Cubierta 6	H	1,000	21,0	0,34	-3,7	176
Mayoración						2.555
TRANSMISIÓN CON OTROS LOCALES	Superficie de cerramiento (m²)		Coefficiente de transmisión K (W/m²°C)		Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Suelo interior	2,6		0,84		8,7	27
Solera	12,5		0,48		3,0	107
Mayoración						633
VENTILACIÓN AIRE EXTERIOR			Caudal. Aire exterior (m³/h)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)	
156,0 m³/h Ventilación			156,0	-3,7	1.224	
Mayoración						1.371
INFILTRACIÓN PUERTAS Y VENTANAS					Carga de Calefacción (W)	
20 % Carga por ventilación					245	
Mayoración						274
CALOR SENSIBLE INTERNO				Potencia	Ud.	Carga de Calefacción (W)
15 w/m² Alumbrado				59	15	876
1 Ud. Equipo ORDENADOR				250	1	250
Televisor				250	1	250
10% Coeficiente de simultaneidad						-138
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (Con utilización de 12 a 16 horas diarias)						12,0%
Otros suplementos						0,0%
Coeficiente total de mayoración						1,120
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN						4695 W
Carga de calefacción por unidad de superficie:						80,39 W/m²

Tabla 34. Hoja de cargas para el salón-comedor.

EXPEDIENTE	001	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN DE ZONA				
PROYECTO	PFC					
FECHA	15/03/09					
SISTEMA	Sistema 1	CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
ZONA	Cuarto de Plancha	Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
DESTINADA A	Viviendas. Zonas comunes	(°C)	-3,7	21,0	24,7	
DIMENSIONES	11,1 m² x 2,50 m	VOLUMEN	27,8 m³			
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	Orientación	Suplemento por orientación	Superficie de cerramiento (m²)	Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Fachada SE	SE	1,075	4,7	0,54	-3,7	68
Puerta acceso SE	SE	1,075	1,9	2,97	-3,7	150
Mayoración						244
TRANSMISIÓN CON OTROS LOCALES	Superficie de cerramiento (m²)	Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)		Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)		Carga de Calefacción (W)
Cerramiento interior	1,8	0,84		8,7		19
Solera	11,1	0,48		3,0		95
Mayoración						128
VENTILACIÓN AIRE EXTERIOR			Caudal. Aire exterior (m³/h)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)	
28,0 m³/h Ventilación			28,0	-3,7	220	
Mayoración						246
INFILTRACIÓN PUERTAS Y VENTANAS						Carga de Calefacción (W)
20 % Carga por ventilación						44
Mayoración						49
CALOR SENSIBLE INTERNO				Potencia	Ud.	Carga de Calefacción (W)
15 w/m² Alumbrado				11	15	167
Plancha de vapor				1200	1	1200
10% Coeficiente de simultaneidad						-137
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (Con utilización de 12 a 16 horas diarias)						12,0%
Otros suplementos						0,0%
Coeficiente total de mayoración						1,120
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN						530 W
Carga de calefacción por unidad de superficie:						47,75 W/m²

Tabla 35. *Hoja de cargas para el cuarto de plancha.*

EXPEDIENTE	001	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN DE ZONA				
PROYECTO	PFC					
FECHA	15/03/09					
SISTEMA	Sistema 1	CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
ZONA	Dormitorio 4	Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
DESTINADA A	Viviendas. Dormitorios	(°C)	-3,7	21,0	24,7	
DIMENSIONES	8,1 m² x 2,50 m	VOLUMEN	20,3 m³			
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	Orientación	Suplemento por orientación	Superficie de cerramiento (m²)	Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Fachada NE	NE	1,175	7,2	0,54	-3,7	113
Ventana NE	NE	1,175	1,5	2,80	-3,7	122
Cubierta	H	1,000	8,1	0,34	-3,7	68
Mayoración						340
TRANSMISIÓN CON OTROS LOCALES	Superficie de cerramiento (m²)	Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)		Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)		Carga de Calefacción (W)
Cerramiento interior	15,3	0,84		8,7		159
Puerta interior	1,5	2,13		8,7		39
Mayoración						223
VENTILACIÓN AIRE EXTERIOR			Caudal. Aire exterior (m³/h)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)		Carga de Calefacción (W)
21,0 m³/h Ventilación			21,0	-3,7		165
Mayoración						185
INFILTRACIÓN PUERTAS Y VENTANAS						Carga de Calefacción (W)
20 % Carga por ventilación						33
Mayoración						37
CALOR SENSIBLE INTERNO				Potencia	Ud.	Carga de Calefacción (W)
15 w/m² Alumbrado				8	15	121
10% Coeficiente de simultaneidad						-12
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (Con utilización de 12 a 16 horas diarias)						12,0%
Otros suplementos						0,0%
Coeficiente total de mayoración						1,120
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN						773 W
Carga de calefacción por unidad de superficie:						95,43 W/m²

Tabla 36. *Hoja de cargas para el dormitorio 4*

EXPEDIENTE 001		HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN DE ZONA				
PROYECTO PFC						
FECHA 15/03/09						
SISTEMA Sistema 1		CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
ZONA Dormitorio 5		Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
DESTINADA A Viviendas. Dormitorios		(°C)	-3,7	21,0	24,7	
DIMENSIONES 10,0 m² x 2,50 m		VOLUMEN 25,0 m³				
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	Orientación	Suplemento por orientación	Superficie de cerramiento (m²)	Coefficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Fachada NE	NE	1,175	8,1	0,54	-3,7	128
Ventana NE	NE	1,175	1,5	2,80	-3,7	122
Fachada SE	SE	1,075	8,8	0,54	-3,7	127
Cubierta 1	SE	1,000	8,1	0,34	-3,7	68
Cubierta 2	H	1,000	1,9	0,34	-3,7	16
Mayoración						515
TRANSMISIÓN CON OTROS LOCALES	Superficie de cerramiento (m²)	Coefficiente de transmisión K (W/m²°C)		Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)		Carga de Calefacción (W)
Cerramiento interior	2,1	0,84		8,7		22
Puerta interior	1,5	2,13		8,7		39
Mayoración						69
VENTILACIÓN AIRE EXTERIOR			Caudal. Aire exterior (m³/h)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)		Carga de Calefacción (W)
42,0 m³/h Ventilación			42,0	-3,7		330
Mayoración						369
INFILTRACIÓN PUERTAS Y VENTANAS						Carga de Calefacción (W)
20 % Carga por ventilación						66
Mayoración						74
CALOR SENSIBLE INTERNO				Potencia	Ud.	Carga de Calefacción (W)
15 w/m² Alumbrado				10	15	150
10% Coeficiente de simultaneidad						-15
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (Con utilización de 12 a 16 horas diarias)						12,0%
Otros suplementos						0,0%
Coeficiente total de mayoración						1,120
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN						1012W
Carga de calefacción por unidad de superficie:						101,2 W/m²

Tabla 37. *Hoja de cargas para el dormitorio 5.*

EXPEDIENTE	001	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN DE ZONA				
PROYECTO	PFC					
FECHA	15/03/09					
SISTEMA	Sistema 1	CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
ZONA	Aseo 5	Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
DESTINADA A	Viviendas. Aseos y cuartos de baño	(°C)	-3,7	21,0	24,7	
DIMENSIONES	4,1 m² x 2,50 m	VOLUMEN	10,3 m³			
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	Orientación	Suplemento por orientación	Superficie de cerramiento (m²)	Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Fachada SE	SE	1,075	4,9	0,54	-3,7	71
Ventana SE	SE	1,075	1,5	2,80	-3,7	112
Cubierta	SE	1,000	4,1	0,34	-3,7	34
Mayoración						242
TRANSMISIÓN CON OTROS LOCALES	Superficie de cerramiento (m²)		Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)		Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Cerramiento interior	3,3		0,84		8,7	34
Puerta interior	1,4		2,13		8,7	37
Mayoración						80
INFILTRACIÓN PUERTAS Y VENTANAS						Carga de Calefacción (W)
20 % Carga por ventilación						10
Mayoración						11
CALOR SENSIBLE INTERNO				Potencia	Ud.	Carga de Calefacción (W)
15 w/m² Alumbrado AL-i/1w				4	15	61
10% Coeficiente de simultaneidad						-6
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (Con utilización de 12 a 16 horas diarias)						12,0%
Otros suplementos						0,0%
Coeficiente total de mayoración						1,120
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN						327 W
Carga de calefacción por unidad de superficie:						79,76 W/m²

Tabla 38. *Hoja de cargas para el aseo 5.*

EXPEDIENTE	001	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN DE ZONA				
PROYECTO	PFC					
FECHA	15/03/09					
SISTEMA	Sistema 1	CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
ZONA	Dormitorio 6	Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
DESTINADA A	Viviendas. Dormitorios	(°C)	-3,7	21,0	24,7	
DIMENSIONES	13,9 m² x 2,50 m	VOLUMEN	34,8 m³			
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	Orientación	Suplemento por orientación	Superficie de cerramiento (m²)	Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Fachada SE	SE	1,075	5,2	0,54	-3,7	75
Fachada SO	SO	1,035	6,5	0,54	-3,7	90
Fachada NO	NO	1,125	4,4	0,54	-3,7	66
Cubierta 1	SE	1,000	8,7	0,34	-3,7	73
Cubierta 2	H	1,000	5,0	0,34	-3,7	42
Ventana SO	SO	1,035	2,5	2,80	-3,7	179
Mayoración						588
TRANSMISIÓN CON OTROS LOCALES	Superficie de cerramiento (m²)		Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)		Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Cerramiento interior	1,2		0,84		8,7	13
Puerta interior	1,5		2,13		8,7	39
Mayoración						58
VENTILACIÓN AIRE EXTERIOR			Caudal. Aire exterior (m³/h)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)	
37,0 m³/h Ventilación			37,0	-3,7	290	
Mayoración						325
INFILTRACIÓN PUERTAS Y VENTANAS						Carga de Calefacción (W)
20 % Carga por ventilación						58
Mayoración						65
CALOR SENSIBLE INTERNO				Potencia	Ud.	Carga de Calefacción (W)
15 w/m² Alumbrado				14	15	209
10% Coeficiente de simultaneidad						-21
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (Con utilización de 12 a 16 horas diarias)						12,0%
Otros suplementos						0,0%
Coeficiente total de mayoración						1,120
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN						1015 W
Carga de calefacción por unidad de superficie:						73,02 W/m²

Tabla 39. *Hoja de cargas para el dormitorio 6.*

EXPEDIENTE	001	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN DE ZONA				
PROYECTO	PFC					
FECHA	15/03/09					
SISTEMA	Sistema 1	CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
ZONA	Aseo 6	Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
DESTINADA A	Viviendas. Aseos y cuartos de baño	(°C)	-3,7	21,0	24,7	
DIMENSIONES	4,8 m² x 2,50 m	VOLUMEN	12,0 m³			
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	Orientación	Suplemento por orientación	Superficie de cerramiento (m²)	Coeficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Fachada SO	SO	1,035	5,7	0,54	-3,7	79
Fachada SE	SE	1,075	6,9	0,54	-3,7	99
Ventana SE	SE	1,075	1,5	2,80	-3,7	112
Cubierta	SE	1,000	4,8	0,34	-3,7	40
Mayoración						370
INFILTRACIÓN PUERTAS Y VENTANAS						Carga de Calefacción (W)
20 % Carga por ventilación de 1 renovación/hora						13
Mayoración						14
CALOR SENSIBLE INTERNO				Potencia	Ud.	Carga de Calefacción (W)
15 w/m² Alumbrado AL-i/1w				5	15	72
10% Coeficiente de simultaneidad						-7
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (Con utilización de 12 a 16 horas diarias)						12,0%
Otros suplementos						0,0%
Coeficiente total de mayoración						1,120
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN						377 W
Carga de calefacción por unidad de superficie:						78,54 W/m²

Tabla 40. *Hoja de cargas para el aseo 6.*

EXPEDIENTE	001	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN DE ZONA				
PROYECTO	PFC					
FECHA	15/03/09					
SISTEMA	Sistema 1	CONDICIONES DE CÁLCULO PARA INVIERNO				
ZONA	Dormitorio 7	Ts	Exterior	Interior	Diferencia	
DESTINADA A	Viviendas. Dormitorios	(°C)	-3,7	21,0	24,7	
DIMENSIONES	10,6 m² x 2,50 m	VOLUMEN	26,5 m³			
TRANSMISIÓN AMBIENTE EXTERIOR	Orientación	Suplemento por orientación	Superficie de cerramiento (m²)	Coefficiente de transmisión K (W/m²°C)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Fachada SO	SO	1,035	10,5	0,54	-3,7	146
Ventana SO	SO	1,035	1,8	2,80	-3,7	129
Fachada NO	NO	1,125	8,7	0,54	-3,7	131
Cubierta	H	1,000	10,6	0,34	-3,7	89
Mayoración						554
TRANSMISIÓN CON OTROS LOCALES	Superficie de cerramiento (m²)		Coefficiente de transmisión K (W/m²°C)		Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)
Cerramiento interior	9,9		0,84		8,7	103
Puerta interior	1,5		2,13		8,7	39
Mayoración						160
VENTILACIÓN AIRE EXTERIOR			Caudal. Aire exterior (m³/h)	Temperatura ambiente contiguo T _{ac} (°C)	Carga de Calefacción (W)	
42,0 m³/h Ventilación			42,0	-3,7	330	
Mayoración						369
INFILTRACIÓN PUERTAS Y VENTANAS						Carga de Calefacción (W)
20 % Carga por ventilación						66
Mayoración						74
CALOR SENSIBLE INTERNO				Potencia	Ud.	Carga de Calefacción (W)
15 w/m² Alumbrado				11	15	159
10% Coeficiente de simultaneidad						-16
SUPLEMENTOS						
Por intermitencia (Con utilización de 12 a 16 horas diarias)						12,0%
Otros suplementos						0,0%
Coeficiente total de mayoración						1,120
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN						1141W
Carga de calefacción por unidad de superficie:						107,64 W/m²

Tabla 41. *Hoja de cargas para el dormitorio 7.*

En las siguientes tablas se resumen los parámetros característicos medios de los distintos cerramientos.

MUROS			
Tipos	A (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
Fachadas NO	64	0,543	34,75
Fachadas NE	51,7	0,543	28,07
Fachadas SE	75,1	0,543	40,78
Fachadas SO	63,6	0,543	34,53
TOTAL	254,4	0,543	138,14

Tabla 42. **Valor de U·A(W/°C) para la fachada.**

SUELOS			
Tipos	A (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
Soleras	105,7	0,477	50,42
Forjados	10,6	0,851	9,02
TOTAL	116,3	0,511	59,44

Tabla 43. **Valor de U·A(W/°C) para los suelos.**

CUBIERTAS			
Tipos	A (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
Cubiertas H	46,6	0,339	15,80
Cubiertas NE	21,2	0,339	7,19
Cubiertas SO	25,2	0,339	8,54
Cubiertas NO	30,8	0,339	10,44
Cubiertas SE	38,7	0,339	13,12
TOTAL	162,5	0,339	55,09

Tabla 44. **Valor de U·A(W/°C) para las cubiertas.**

VENTANAS			
Tipos	A (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
Ventanas NO	3,8	2,8	10,64
Ventanas NE	7,5	2,8	21
Ventanas SE	4,5	2,8	12,6
Ventanas SO	16,2	2,8	45,36
TOTAL	32	2,8	89,6

Tabla 45. **Valor de U·A(W/°C) para las ventanas.**

A continuación, en la siguiente tabla se resume las cargas de calefacción por zonas y la carga total.

- Temperatura exterior: -3,7°C
- Temperatura seca interior: 21°C

PÉRDIDAS DE CALOR:

Zona	Área (m ²)	Transmisión ambiente exterior (W)	Transmisión otros locales (W)	Ventilación (W)	Infiltraciones (W)	Carga calefacción (W)
Dormitorio 1	12	564	176	351	63	1.093
Aseo 1	5	320	92		20	424
Dormitorio 2	12,2	556	179	325	65	1.107
Aseo 2	5,2	209	121		20	342
Dormitorio 3	12,5	419	150	325	65	915
Aseo 3	3	122	38		10	165
Aseo 4	3,4	184	178		10	367
Cocina	19,7	481	189		72	592
Recibidor	17,1	459	417	385	77	1.312
Salón-Comedor	58,4	2.555	633	1371	274	4.695
Cuarto plancha	8,1	244	128	246	49	530
Dormitorio 4	10	340	223	185	37	773
Dormitorio 5	4,1	515	69	369	74	1.012
Aseo 5	13,9	242	80		11	327
Dormitorio 6	4,8	588	58	325	65	1.015
Aseo 6	10,6	370			14	377
Dormitorio 7	11,1	554	160	369	74	1.141
TOTAL	211,1	8.722	2.892	4.251	1.000	16.187

Tabla 46. *Resumen de las cargas de calefacción.*

Factor de seguridad: 12,0%

Caudal total de aire exterior: 483,8 m³/h

Carga de calefacción por unidad de superficie: 76,7 W/m²

3. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR GEOTÉRMICO

La función de un intercambiador de calor subterráneo en un sistema de calefacción es servir de vía de conexión entre el terreno, que es la fuente de calor, y el intercambiador de la bomba de calor geotérmica, donde se produce el intercambio de calor con el refrigerante de la misma.

El encargado de transportar el calor suele ser el agua con un anticongelante, en el caso de los bucles cerrados (configuraciones horizontales o verticales como la de este proyecto), o agua subterránea de un acuífero.

Una de las características más importantes de una bomba de calor, es que su rendimiento y la energía necesaria para hacerla funcionar, están directamente relacionados con el rango de temperaturas entre las que funcione, concretamente con la diferencia entre la temperatura de la fuente de calor y la de pozo al que el calor es evacuado (salto de temperatura). Cuanto más pequeño es ese salto de temperatura más elevado es el rendimiento de la termobomba. Este principio es importante, pues es la base del elevado rendimiento de las bombas de calor geotérmicas comparadas con las bombas de calor aire-aire.

Una bomba de calor de aire en invierno debe extraer el calor del aire exterior. Por el contrario, las bombas de calor geotérmicas extraen calor del terreno o del agua subterránea, más calientes en invierno.

Idealmente, la fuente de calor debería ser tan caliente y estable como fuera posible durante la estación de calefacción. Durante todo el año, los sistemas geotérmicos, no presentan un salto de temperatura tan elevado como el que hay entre el ambiente exterior y las bombas de calor de aire. El resultado es un rendimiento más elevado y un menor consumo de energía. Además hace falta menos energía para desplazar un líquido en un sistema geotérmico que para desplazar el aire en una bomba de calor de aire. En el caso de las últimas, la fuente y el pozo disponibles dan lugar a diferencias de presión elevadas que el compresor de la bomba deberá compensar. Cuanto más elevada es esa diferencia de presión, más elevado es el trabajo requerido por unidad de masa de refrigerante.

3.1. CONCEPCIÓN DE UN SISTEMA GEOTÉRMICO

Antes de proceder a la elección del tipo de intercambiador subterráneo y a su dimensionamiento, se debe proceder a concebir el sistema geotérmico completo, pues las especificaciones y dimensiones del conjunto dependen de una serie de decisiones previas. La secuencia típica de decisiones sería:

1. Se elige el equipamiento que responderá a la demanda energética del edificio, utilizando una estimación preliminar de la temperatura de entrada del agua para establecer las potencias y rendimientos de calefacción de la bomba de calor.
2. Se efectúa la selección preliminar del tipo de intercambiador de calor subterráneo.
3. Se procede al diseño preliminar del intercambiador subterráneo.
4. Se determina la resistencia térmica del suelo.

5. Se establece la longitud que ha de tener el bucle subterráneo y se recalculan las temperaturas del agua a la entrada y a la salida en función de las cargas del sistema y del bucle subterráneo diseñado.
6. Se analiza el coste global del sistema concebido durante su ciclo de vida y se compara con otras opciones.

3.2. DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR SUBTERRÁNEO

La elección del tipo de intercambiador y su dimensionamiento, como ya se ha comentado están supeditados a una serie de decisiones previas que son responsabilidad del proyectista.

Para unas condiciones del terreno dadas, la carga del edificio es el factor principal que influye en el tamaño (capacidad) del intercambiador subterráneo, pero las temperaturas de salida y de retorno del fluido caloportador al subsuelo son fijadas por el proyectista del sistema caloportador. Se pueden variar estos valores para minimizar los costes iniciales en detrimento del rendimiento del sistema. Habitualmente, cuanto más elevada sea la temperatura mínima aceptada a la salida del bucle, mayor será el rendimiento del sistema. Sin embargo, el bucle subterráneo correspondiente tendrá mayor longitud y el coste inicial será más elevado.

Otros factores que influyen en la longitud de un intercambiador de calor son:

- Tipo y propiedades del fluido portador de calor.
- Disposición del bucle subterráneo
- Profundidad de los sondeos y de las zanjas.
- Configuración del intercambiador (número de tubos por zanja, por sondeo, y conexión en serie o en paralelo).
- Temperatura media del terreno.
- Propiedades del terreno y de los morteros para relleno de sondeos.
- Condiciones hidrogeológicas locales (velocidad de desplazamiento del agua subterránea).
- Diámetro del tubo (o caudal) para conocer la turbulencia y las temperaturas de funcionamiento extremas.
- Rendimientos de las bombas de calor y consumo de energía necesaria para el bombeo del líquido portador de calor.

En los países que cuentan con varias décadas de experiencia en la utilización de bombas de calor acopladas al terreno, como Suiza, Suecia, Austria, Alemania, Canadá y Estados Unidos, existen reglas simplificadas basadas en la utilización de fórmulas empíricas o ábacos obtenidos de simulaciones realizadas por ordenador, que pueden utilizarse para obtener estimaciones preliminares de longitudes de intercambiadores de calor subterráneos.

En el presente proyecto; Calefacción de una vivienda unifamiliar, esas reglas son las únicas al alcance de los propietarios, pues los ensayos de respuesta térmica del terreno (ERT) y las simulaciones por ordenador, normales y prácticamente obligadas si no se quiere fracasar al diseñar sistemas geotérmicos para edificios de grandes dimensiones con fuertes cargas de calefacción, son caros y resultan antieconómicos para pequeñas demandas.

3.2.1. Diseño de un Intercambiador Vertical.

El diseño de un intercambiador de calor vertical depende, generalmente, de las propiedades térmicas del terreno en el que se ubique. Los factores del terreno con mayor influencia en la longitud del sondeo que ha de alojar las sondas geotérmicas son la conductividad térmica del terreno y la humedad.

Las propiedades térmicas del subsuelo se pueden calcular con un Ensayo de Respuesta Térmica del Terreno, ERT, que se realiza una vez perforado el terreno. El ensayo debido a su duración y alto coste, no resulta económico para pequeñas instalaciones.

La norma alemana VDI 4640 Parte 2, establece una diferenciación entre sistemas geotérmicos con intercambiadores de calor verticales para operaciones de calefacción de hasta 30kW de potencia calorífica y otros sistemas más grandes.

Para el primer tipo de sistemas, de menos de 30 kW, puede utilizarse para calcular la longitud del sondeo una **tabla con valores de extracción de calor específico, en W/m**, y un **nomograma**, mientras que para sistemas más grandes es necesaria la realización de simulaciones con ordenador.

En la siguiente tabla se muestran los valores de extracción de calor específico para operaciones anuales de calefacción de 1800 y 2400 horas, con diferentes condiciones geológicas del terreno.

SUBSUELO	EXTRACCIÓN DE CALOR ESPECÍFICA (W/m)	
	Para 1800 h	Para 2400 h
Valores generales:		
Terreno malo (sedimento seco) ($\lambda < 1,5 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$)	25	20
Terreno duro normal y sedimentos saturados de agua ($\lambda < 1,5\text{-}3,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$)	60	50
Roca consolidada con conductividad térmica elevada ($\lambda > 3,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$)	84	70
Rocas individuales:		
Grava, arena, secas	<25	<20
GraGrava, arena, saturadas de agua	65-80	55-65
Flujos de agua subterránea en arenas y gravas (para sistemas individuales)	80-100	60-100
Arcilla, marga, húmedas	35-50	30-40
Caliza (masiva)	55-70	45-60
Arenisca	65-80	55-65
Rocas magmáticas silíceas (p.e: granito)	65-85	55-70
Rocas magmáticas básicas (p.e: basalto)	40-65	35-65
Gneis	70-85	60-70
NOTA: Los valores pueden variar significativamente debido a la textura de la roca; grietas, foliación, meteorización, tec.		

Tabla 47. **Valores de extracción de calor específica posibles para intercambiadores verticales.**
Fuente: VDI 4640 - Part 2. Thermal use of underground. Verein Deutscher Ingenieure Dusseldorf. 2001.

Los valores de la tabla anterior pueden utilizarse cuando se dan las circunstancias siguientes:

- Sólo extracción de calor.
- La longitud del intercambiador de calor vertical, individual, debe estar comprendida entre 40 y 100 m (profundidad de sondeo).
- La distancia mínima entre dos sondeos debe ser:
 - Al menos de 5 m para sondeos de 40 a 50 m de longitud.
 - Al menos de 6 m para sondeos de 50 a 100 m de longitud.
- Tubos en forma de doble U con DN 20, 25 ó 32, o tubos coaxiales con un diámetro mínimo de 60 mm.

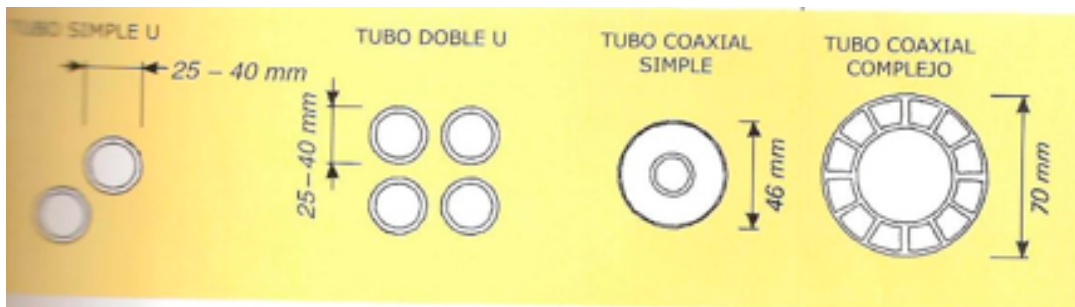


Figura 17. **Diferentes secciones de tubos intercambiadores de calor que pueden alojarse en un sondeo.**

3.2.2. Cálculo de intercambiador geotérmico (programa Geociatesa).

Antes de proceder a usar el software de Ciatesa para diseñar el intercambiador se va a proceder a realizar un pequeño cálculo aproximado de la profundidad de sondeo.

El calor que tiene que aportar el terreno viene dado por la siguiente expresión:

$$Q_{\text{sondeo}} = Q_{\text{calef acción}} \cdot \frac{\beta_a - 1}{\beta_a}$$

Siendo β_a el factor de eficiencia anual o estacional de una bomba de calor eléctrica es la relación entre el calor suministrado anualmente y la cantidad de energía eléctrica consumida.

El factor de eficiencia es diferente del coeficiente de operación COP. El coeficiente de operación de una bomba de calor eléctrica, es la relación momentánea entre la cantidad de calor emitida y la eléctrica consumida, para un determinado punto de trabajo.

Para una bomba de calor geotérmica un valor medio para la eficiencia estacional sería 3.5.

$$Q_{\text{sondeo}} = 16,187 \text{ kW} \cdot \frac{3,5 - 1}{3,5} = 11,56 \text{ kW}$$

Esta cantidad de energía que tiene que aportar el terreno es la potencia del evaporador de la bomba.

Se considerará el terreno duro normal ($\lambda < 1,5-3,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) y la utilización de 2400 horas/año luego de la tabla 47, se puede obtener que la extracción de calor específica es 50 W/m. Por lo que la profundidad de sondeo será:

$$L_{\text{sondeo}} = \frac{11,56 \text{ kW}}{50 \text{ W/m}} = 231 \text{ m}$$

Habría que perforar 116 metros (tubos en U) si se hiciera un único sondeo y 77 m para dos sondeos.

Para el cálculo de intercambiadores geotérmicos en nuestro país la empresa CIATESA y el Departamento de Termodinámica Aplicada de la Universidad Politécnica de Valencia han desarrollado un programa de simulación simplificado. El programa se llama GEO_CIATESA está basado en el método de la International Ground Source Heat Pump Association (Universidad de Oklahoma, EE.UU.) para la resolución del problema de conducción de calor alrededor de una tubería de gran longitud y pequeño diámetro con una temperatura uniforme, enterrada en terreno también uniforme.

A partir de la configuración del intercambiador (horizontal o vertical, número de tubos por zanja o por sondeo, conexión en serie o en paralelo, separación entre tubos horizontales o sondeos), del tipo de material y del diámetro de los tubos del intercambiador y del colector, de las cargas de calefacción, de los datos climatológicos de un conjunto de ciudades españolas, del tipo de subsuelo y de los accesorios de las tuberías para estimar las pérdidas de carga, se obtiene un conjunto de resultados de longitudes de intercambiador subterráneo en función de las condiciones de funcionamiento del equipo (COP y potencia).

El programa se estructura en cuatro pantallas de entrada de datos y una de resultados:

- **Configuración:** en esta pantalla se configura la geometría del intercambiador.
- **Materiales:** en esta segunda pantalla se introduce el material de las tuberías.
- **Clima y Suelo:** se define el perfil de cargas a partir de la localidad, tipo de edificio y cargas máximas de calefacción y refrigeración. En esta pantalla se elige también el tipo de terreno.
- **Pérdidas de Carga:** aquí se introducen los accesorios de las tuberías con objeto de ofrecer una estimación de la pérdida de carga,
- **Resultados:** en esta pantalla el programa muestra el cálculo de las longitudes de intercambiador necesarias en función del punto de trabajo del equipo con el que se desee operar (COP y potencia)

A continuación se irán mostrando las diferentes pantallas del programa con los datos del intercambiador que se está diseñando y las correspondientes explicaciones acerca de los datos que se introducen.

- CONFIGURACIÓN

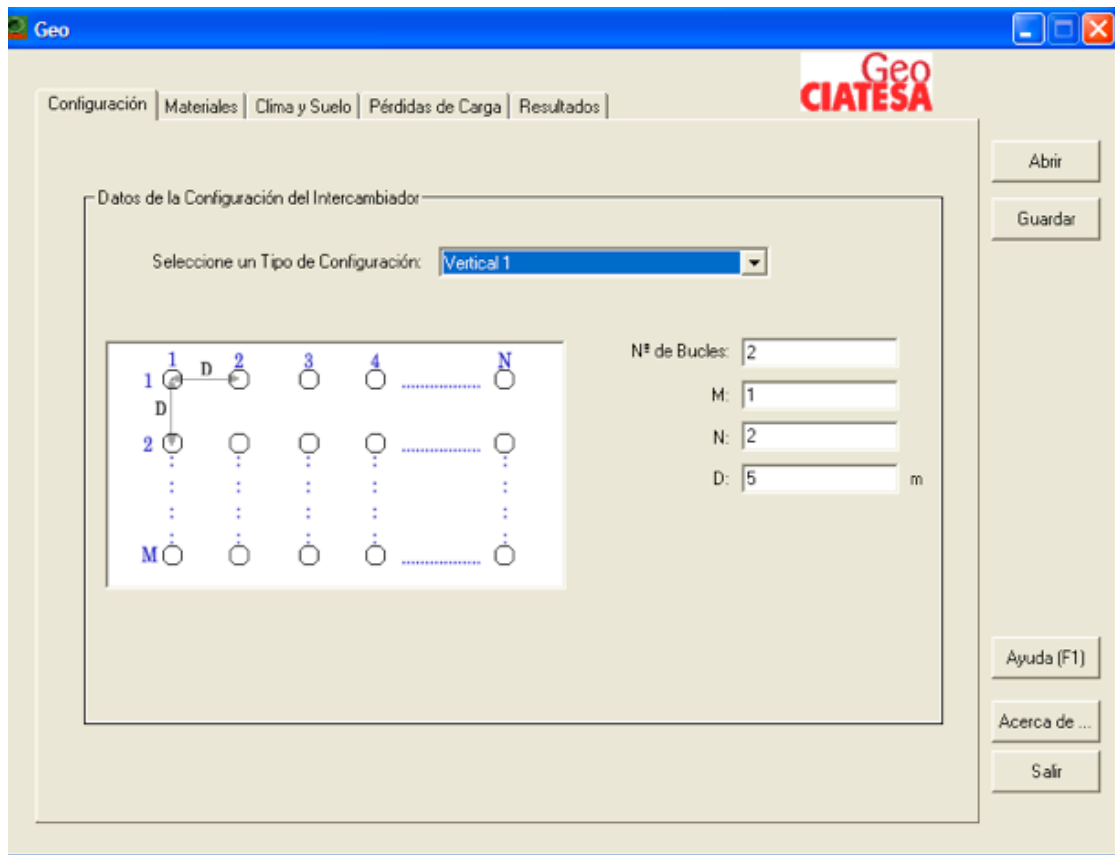


Figura 18. **Vista de la pestaña Configuración.**

Como ya fue comentado se opta por una configuración vertical puesto que resulta más eficiente que una configuración horizontal y además permite optimizar la utilización del suelo.

El intercambiador está definido por los siguientes parámetros:

- **Número de bucles:** representa el número de circuitos en paralelo en los que se divide el flujo principal.
- **M:** es el número de pozos en dirección Y.
- **N:** es el número de pozos en dirección X.
- **D:** es la distancia entre pozos adyacentes. Para sondeos de más de 50 m de profundidad ha de ser mayor de 5m.

El programa calculará la longitud total del intercambiador. Para obtener la profundidad de cada pozo (L_u) habrá que dividir la longitud total entre el número total de pozos ($N \cdot M$; N columnas y M filas de pozos) y por dos (un tubo de bajada y otro de subida).

$$L_u = \frac{L_{Total}}{2 \cdot N \cdot M}$$

- **MATERIALES**

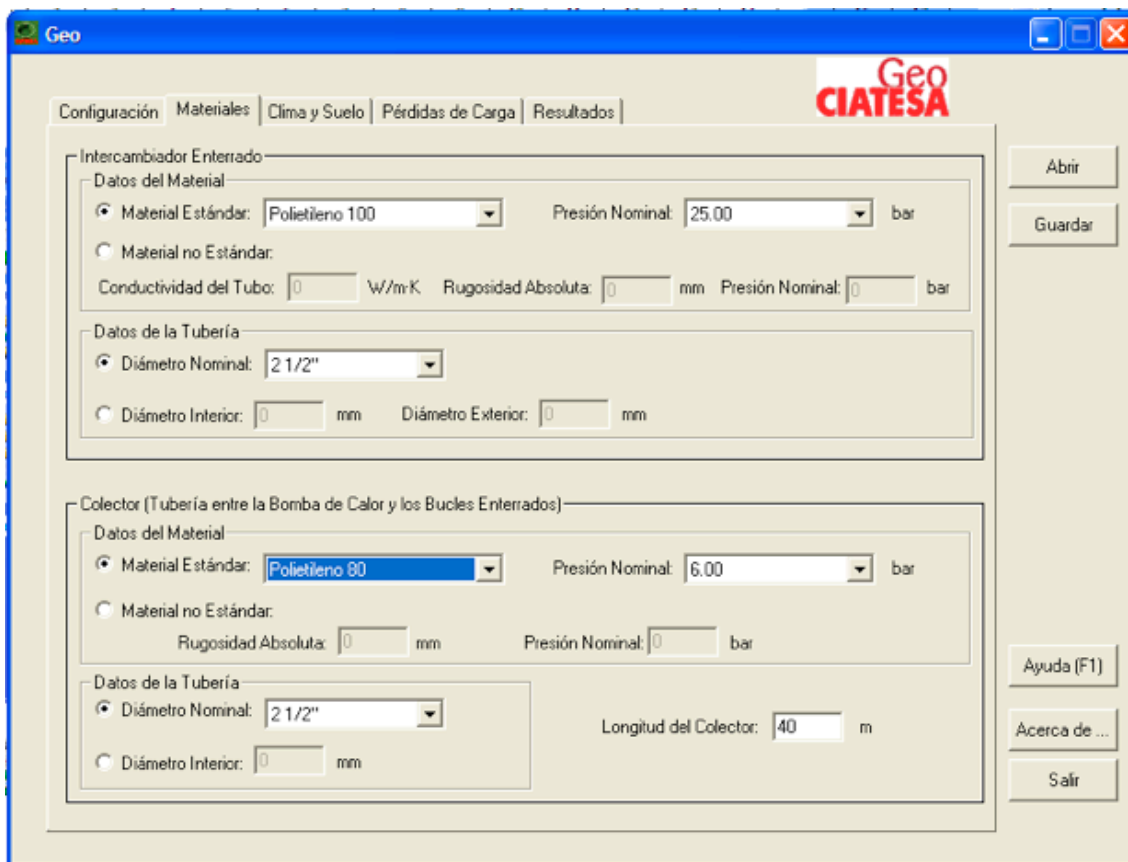


Figura 19. **Vista de la pestaña Materiales.**

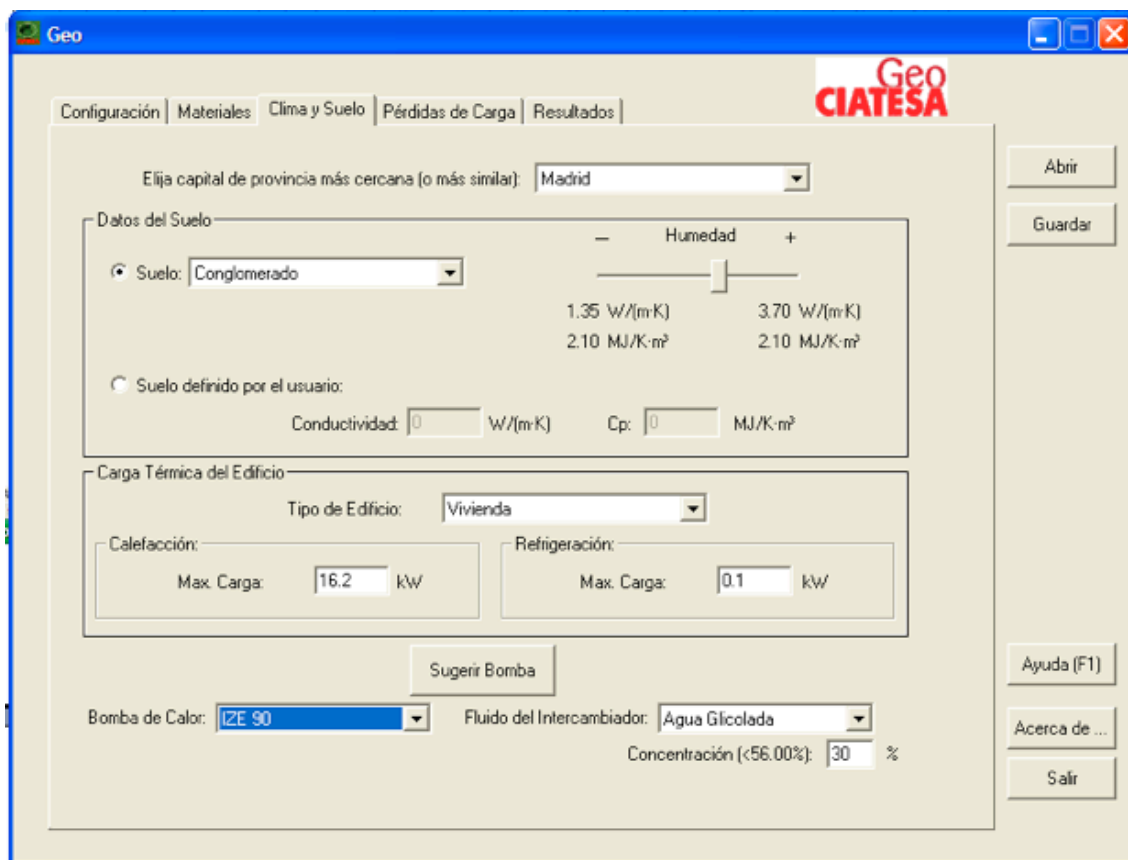
Aquí se introducirán los datos de los materiales de los tubos del intercambiador de calor enterrado y también los datos del colector (tubería horizontal que une la bomba de calor con el intercambiador enterrado).

La mayoría de los tubos que se instalan actualmente están hechos con **polietileno** de alta densidad, fabricados especialmente para ser enterrados en el suelo, similares a los utilizados en pequeñas conducciones de gas natural o canalizaciones de agua. Un intercambiador subterráneo de alta densidad puede durar 50 años o más.

Una vez se ha elegido el material se determina a qué presión se estima que va a trabajar; el programa permite seleccionar los niveles de presión a los que puede trabajar el material seleccionado. Cada presión corresponde a un espesor de tubo diferente.

Después puede elegirse un diámetro nominal de la tubería.

- **CLIMA Y SUELO**



The screenshot shows the 'Geo CIATESA' software window with the 'Clima y Suelo' tab selected. The interface includes a menu bar with 'Configuración', 'Materiales', 'Clima y Suelo', 'Pérdidas de Carga', and 'Resultados'. The main area is divided into several sections:

- Elija capital de provincia más cercana (o más similar):** A dropdown menu set to 'Madrid'.
- Datos del Suelo:**
 - Suelo:** A dropdown menu set to 'Conglomerado'. To its right is a 'Humedad' slider with values 1.35 W/(m·K), 2.10 MJ/K·m³, 3.70 W/(m·K), and 2.10 MJ/K·m³.
 - Suelo definido por el usuario:** Radio button selected. Below it are input fields for 'Conductividad: 0 W/(m·K)' and 'Cp: 0 MJ/K·m³'.
- Carga Térmica del Edificio:**
 - Tipo de Edificio:** A dropdown menu set to 'Vivienda'.
 - Calefacción:** A section with 'Max. Carga: 16.2 kW'.
 - Refrigeración:** A section with 'Max. Carga: 0.1 kW'.
- Bomba de Calor:** A dropdown menu set to 'IZE 90'.
- Fluido del Intercambiador:** A dropdown menu set to 'Agua Glicolada'.
- Concentración (<56.00%):** An input field set to '30 %'.

On the right side of the window, there are buttons for 'Abrir', 'Guardar', 'Ayuda (F1)', 'Acercas de ...', and 'Salir'. A 'Sugerir Bomba' button is located below the thermal load section.

Figura 20. **Vista de la pestaña Clima y Suelo.**

La pestaña “Clima y Suelo” permite dar la información geográfica del proyecto, los datos del edificio, la selección de la bomba de calor (de la marca Ciatesa) y el fluido de trabajo.

Primero se selecciona la capital de provincia más cercana, en ese proyecto Madrid. Geo Ciatesa incorpora una base de datos climáticos de las capitales de provincia españolas.

Lo siguiente a introducir es el tipo de suelo, para ello se ha hecho uso del Atlas Hidrogeológico de Madrid donde se encuentra la composición del suelo.

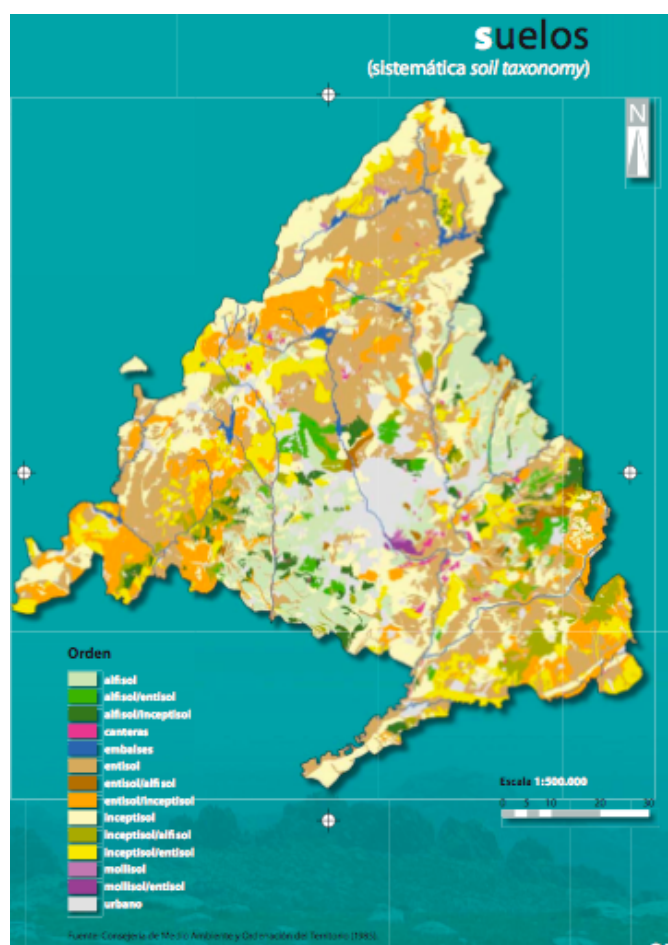


Figura 21. **Mapa hidrogeológico de la Comunidad de Madrid.**

Para la situación de la vivienda de este proyecto (Barajas) el tipo de suelo es Inceptisol. Este tipo de suelo es el más representado en el territorio nacional, debido fundamentalmente a que se trata de un orden de la clasificación americana extraordinariamente heterogéneo. Es por esta heterogeneidad por lo que el concepto general de Inceptisol resulta difícil de definir.

Finalmente se asemeja el suelo al tipo **Conglomerado** definido en el software Geo Ciatesa como *"masa formada por fragmentos redondeados de diversas rocas o sustancias minerales unidos por un cemento"*.

A continuación se introduce la máxima carga de calefacción y el tipo de edificio. No se requiera la temperatura a la que fue calculada esa carga térmica, pues Geo Ciatesa asume que dicha temperatura fue la crítica de la base de datos climáticos. El tipo de edificio se relaciona con el número de horas semanales que requerirá climatización.

El programa también sugiere un posible modelo de bomba geotérmica capaz de satisfacer las necesidades anteriormente descritas.

Por último se pide dar el porcentaje de glicol. Al utilizar agua glicolada se puede trabajar con temperaturas de salida del agua de la bomba de bajo cero. Esto reduce considerablemente la longitud del intercambiador pero el rendimiento de la bomba de calor disminuye cuando la temperatura del líquido es más baja.

En la siguiente tabla se resumen las propiedades termofísicas del agua glicolada.

Temperatura de Fusión °C	Porcentaje en peso de glicol (%)	Temp. °C	Densidad kg/m ³	Calor específico J/kg·K	Conductividad Térmica W/m·K	Viscosidad Dinámica mPa·s
-15	30.5	30	1035	3760	0.472	1.68
		20	1039	3730	0.463	2.19
		10	1043	3700	0.454	3.03
		0	1046	3665	0.444	4.35
		-10	1048	3635	0.435	6.80
		-15	1049	3620	0.430	8.60
-30	45.4	30	1054	3430	0.412	2.48
		20	1060	3385	0.405	3.29
		10	1065	3340	0.398	4.64
		0	1070	3295	0.391	6.90
		-10	1074	3250	0.384	10.7
		-20	1077	3205	0.378	18.0
		-30	1079	3160	0.371	33.0

Tabla 48. **Propiedades termofísicas para agua glicolada. Thermophysical properties of liquid secondary refrigerants, International Institute of Refrigeration.**

Para este proyecto se elegirá una concentración en peso de glicol del 30% ya que es suficiente para paliar las temperaturas más frías que sufrirá el intercambiador.

- **PÉRDIDAS DE CARGA**

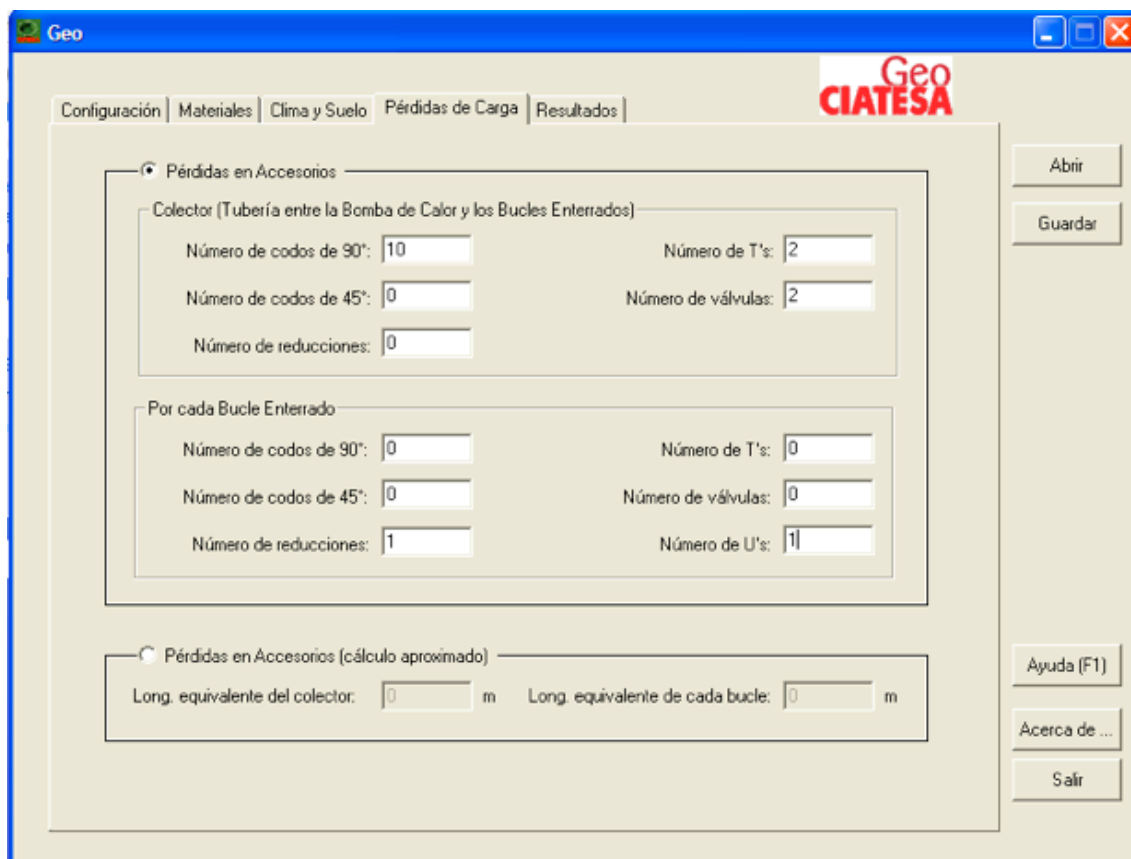


Figura 22. **Vista de la pestaña Pérdidas de Carga.**

En la ventana de pérdidas de carga se introducen las pérdidas en los accesorios del colector y las pérdidas en el intercambiador enterrado.

Hay que tener en cuenta el recorrido del colector desde el intercambiador subterráneo hasta la bomba de calor para conocer el número de codos. También es necesario introducir las válvulas que controlan el flujo de agua al comienzo del colector y las T's necesarias para unir el colector con el primer bucle enterrado.

• RESULTADOS

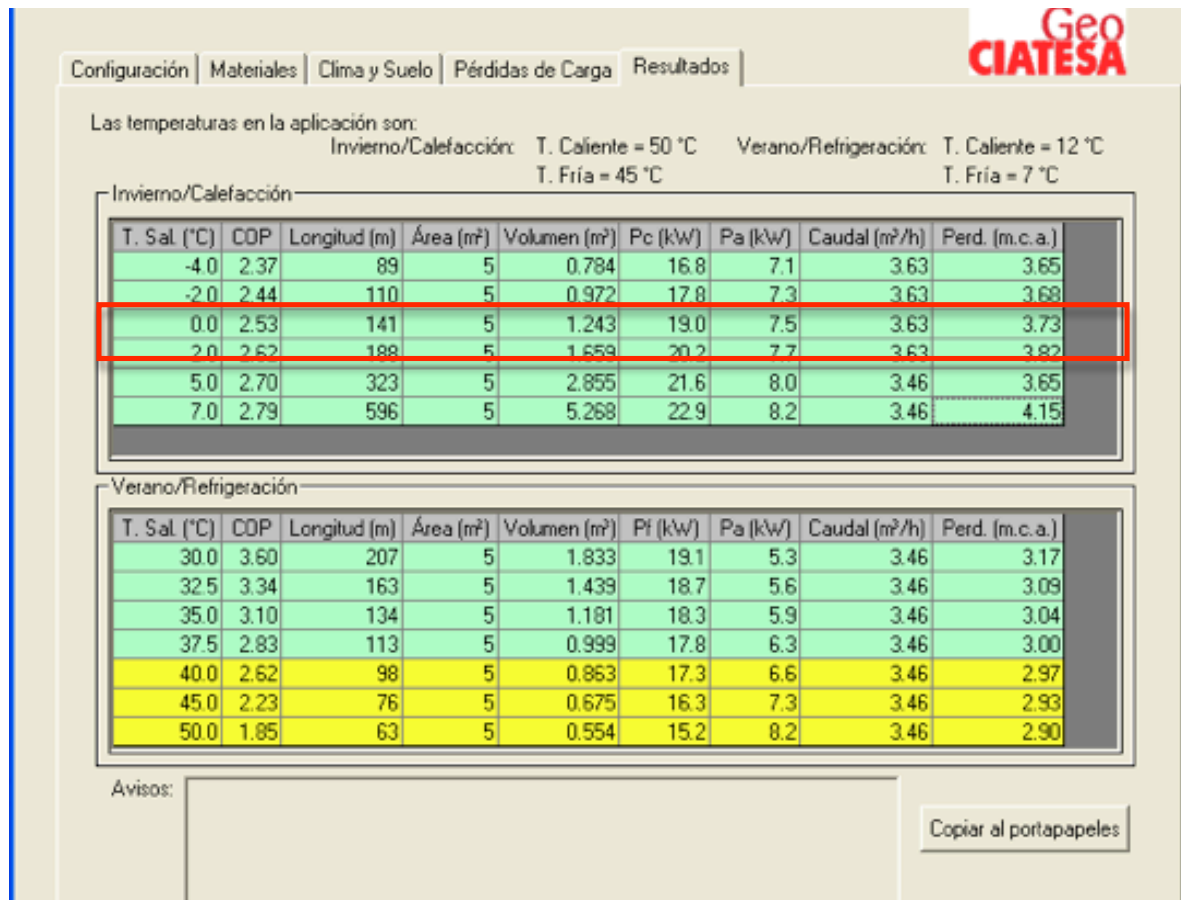


Figura 23. **Vista de la pestaña Resultados.**

En esta pestaña del programa se muestran los resultados para el invierno (calefacción), que son los únicos que interesarán en este proyecto, y los datos para el verano.

Para Invierno (Calefacción) se tiene:

- Temperatura Caliente = 50° C, se refiere a la temperatura del agua a la salida de la bomba de calor, en el circuito interior conectado a las unidades terminales del edificio (fancoils y toalleros).
- Temperatura Fría = 45° C, se refiere a la temperatura de retorno de las unidades terminales a la bomba de calor.

Como puede observarse el programa proporciona varios datos de salida; unos son valores que el software lee de las bases de datos y muestra al usuario para ayudarle en la definición del diseño óptimo, como el *COP*; este valor es valor mínimo, ya que Geo Ciatesa lo calcula para las peores condiciones posibles. Hay que tener presente que el funcionamiento del sistema a lo largo de una estación del año no se hace la mayoría del tiempo en las peores condiciones, por tanto el *COP* real es más alto.

P_c : Potencia calorífica o capacidad de la bomba en calefacción para unas condiciones específicas de temperaturas de salida de agua fría y caliente de la bomba de calor.

P_a : Potencia absorbida o potencia eléctrica consumida por el compresor para unas condiciones específicas de temperatura de salida de agua fría de la bomba de calor.

Caudal nominal: caudal con el que se garantizan las prestaciones de la bomba de calor.

T.Sal: Temperatura de salida, es la temperatura de salida del agua de la bomba de calor.

Longitud: es la longitud total de tubo calculada para unas condiciones específicas de temperatura de salida de agua fría de la bomba de calor,

Área: para el caso de un intercambiador vertical, el área afectada es la que está exactamente encima de los tubos, se calcula como:

$$A = D \cdot (M - 1) \cdot D(N - 1)$$

Volumen: es el volumen excavado, se obtiene de multiplicar el área del pozo calculada para un diámetro de pozo estándar de 150 mm...:

$$A_{\text{pozo}} = p \cdot (0.075m) \cdot 2$$

por la longitud calculada dividido entre dos (1 tubo de bajada + 1 tubo de subida).

$$V = p \cdot (0.075m) \cdot 2 \cdot \frac{L}{2}$$

Perd: es la pérdida de carga por fricciones; pérdidas por longitud, accesorios del intercambiador y del colector, y pérdidas en la bomba de calor.

La longitud total obtenida con el programa es de 141 metros, luego ya se puede calcular la longitud de los dos pozos:

$$L_u = \frac{L_{\text{Total}}}{2 \cdot N \cdot M} = \frac{141m}{2 \cdot 2 \cdot 1} = 36m$$

Hay que tener en cuenta que los parámetros de cálculo de Geo Ciatesa son los más desfavorables; se dan las potencias y rendimientos que se obtendrían con las peores condiciones. Por ello tanto las potencias como los rendimientos pueden ser algo mayores cuando las condiciones no sean tan adversas, que es la mayor parte del tiempo de servicio del sistema.

3.3. EQUIPOS PARA EL INTERCAMBIADOR GEOTÉRMICO

En este apartado se van a describir los equipos con los que se construirá el intercambiador geotérmico.

- **BOMBA DE CIRCULACIÓN DEL INTERCAMBIADOR GEOTÉRMICO**

Esta bomba se emplea para hacer circular el agua desde el intercambiador geotérmico hasta la bomba de calor, pasando por el colector y volviendo nuevamente a los tramos verticales de intercambiador subterráneo.

Esta bomba tiene que hacer circular un caudal de $3.63 \text{ m}^3/\text{h}$ de agua con un 30% de glicol, con una pérdida de carga de 3.73 m.c.a. y a una temperatura de trabajo crítica de 0°C .

La bomba elegida es de la marca Sedical doble tipo "bombas gemelas". Las bombas gemelas consisten en albergar en un mismo cuerpo dos bombas que tiene funcionamiento alternativo, para garantizar en todo momento el funcionamiento, ya que si se estropea una se puede seguir trabajando con la otra. En la siguiente figura se puede ver su hoja de características técnicas:

SEDICAL - HOJA TÉCNICA DE LA BOMBA SADP 40/8 T

Descripción del producto

Bomba de circulación para ACS de rotor seco, con una temperatura máxima de funcionamiento de 80°C, aunque se recomienda no sobrepasar los 60°C por los efectos negativos de la calcificación, salvo en cortos procesos. Bomba para instalaciones de calefacción o climatización, tanto domésticas como industriales, con temperaturas entre -15 y 120°C.

Calidad del agua: Doméstica potable, libre de sustancias abrasivas o no, cristalizadas o mezclas químicas y químicamente neutras.

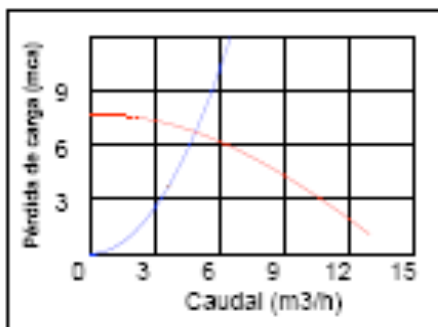
Datos requeridos

Uso	: CLIMATIZACIÓN
Fluido	: 30% ET. GLICOL
Rotor	: SECO
Tipo	: DOBLE
Caudal	: 3.6 m ³ /h
Pérdida de carga	: 3.7 mca
Temperatura de trabajo	: 0.0 °C
Posición	:

Datos obtenidos Bomba

Modelo	: SADP 40/8 T
Rodete	: Ø 90
Caudal	: 4.9 m ³ /h
Pérdida de carga	: 6.7 mca
NPSH requerido	: 2.2 m
Nivel sonoro	: 50 dB(A)
Construcción	: In-line

Gráfica de la bomba

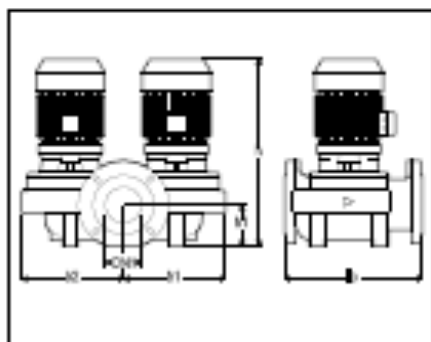


Motor

Velocidad	: 2950 rpm
Potencia Nominal (Pn)	: 0.35 kW
Protección	: IP 44
Clase de aislamiento	: F
Consumo máx. 3x400 V	: 1.0 A
Consumo máx. 3x230 V	: 1.7 A
Potencia del eje (P2)	: 0.23 kW
Potencia consumida (P1)	: 0.31 kW
Rendimiento motor	: 74.00 %
Rendimiento bomba	: 44.17 %
Rendimiento global	: 32.69 %

Los motores monofásicos, de consumo superior a 3 amperios y los motores trifásicos, tienen que ser protegidos exteriormente contra sobrecargas de intensidad, sobretensiones mínimas y caídas de fase.

Dimensiones y pesos



Características técnicas

Cuerpo de la bomba	: Fundición gris
Eje	: Acero inoxidable
Rodete	: Termopolímero B
Cierre mecánico	: Cerámica / Carbono
Juntas	: EPDM
Conexiones	: DN 40
Presión de trabajo	: 10 bar
Temperaturas	: Máx +120°C / Mín -15°C : Máx ACS + 80°C

Lo mm	b1 mm	b2 mm	h mm	h1 mm	PESO kg
250.0	185.0	187.0	377.0	66.0	43.2

P.Tarifa 2008: 1173.00 Euros
Control y sonda incluidas
Iva no incluido (v 1/08)

Figura 24. *Hoja técnica de la bomba circuladora del intercambiador geotérmico.*

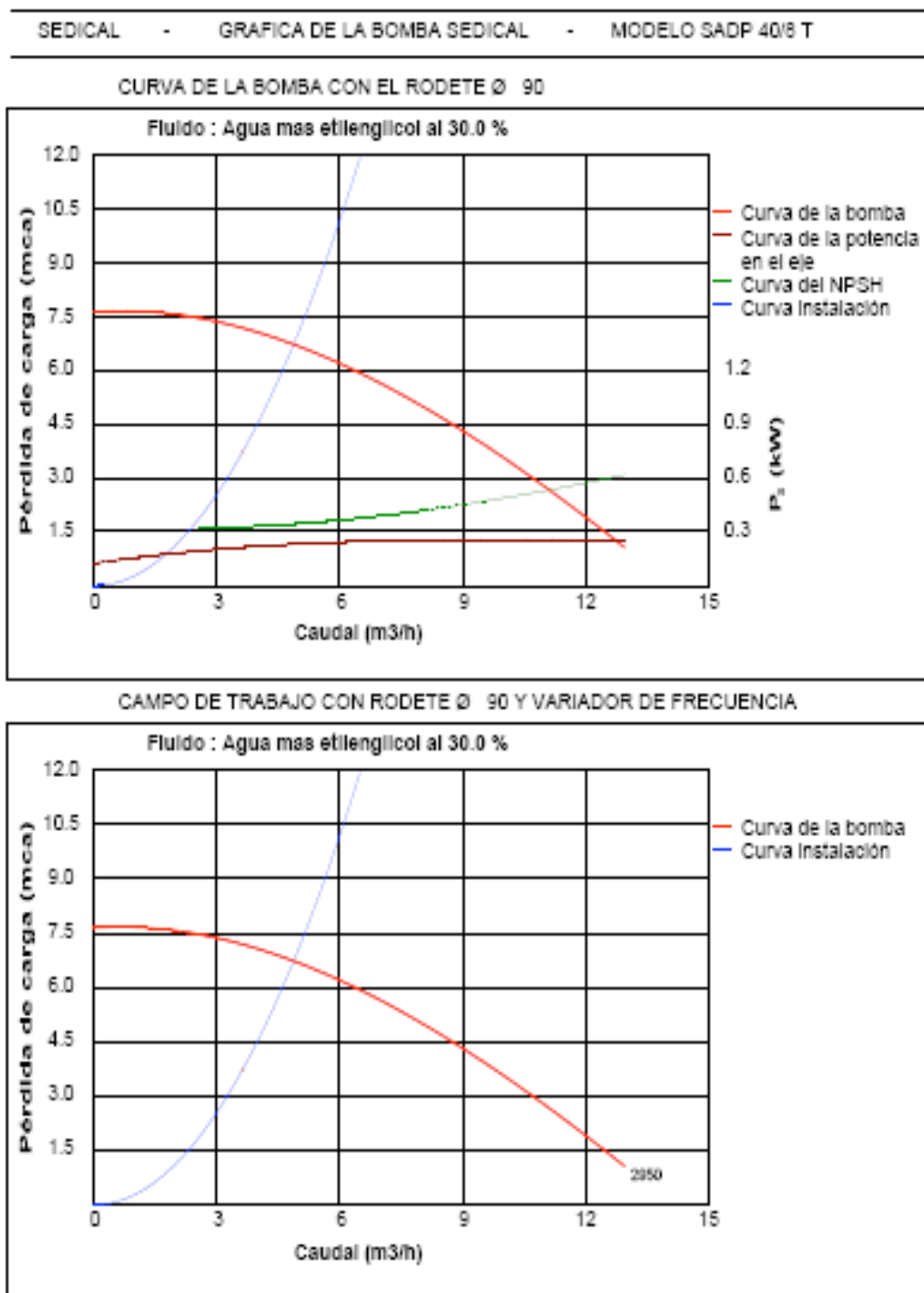



Figura 25. *Curvas de funcionamiento de la bomba circuladora del intercambiador geotérmico.*

• TUBERÍAS

Para construir el intercambiador geotérmico (colector y tubos verticales) se necesitará tubería de Polietileno 100, a continuación se puede ver las tablas de características y precios proporcionados por el fabricante Uralita:

Tubos Polietileno Alta Densidad Banda Azul PE 100
Tubos Polietileno alta densidade banda azul PE 100



10 ATMÓSFERAS (1 MPa)					
Ø Ext mm	m/rollo	Esp mm	SR: Serie BP: Bajo Pedido	CÓDIGO	€/m
32	100	2,0	SR	1002055	1,08
40	100	2,4	SR	1002058	1,42
50	100	3,0	SR	1002061	2,22
63	100	3,8	SR	1002040	3,49
75	100	4,5	SR	1002043	4,92
90	50	5,4	SR	1002045	7,08
110	50	6,6	BP	1002047	10,54

16 ATMÓSFERAS (1,6 MPa)					
Ø Ext mm	m/rollo	Esp mm	SR: Serie BP: Bajo Pedido	CÓDIGO	€/m
20	100	2,0	SR	1002050	0,64
25	100	2,3	SR	1002053	0,82
32	100	3,0	SR	1002056	1,31
40	100	3,7	SR	1002059	2,08
50	100	4,6	SR	1002039	3,23
63	100	5,8	SR	1002041	5,11
75	100	6,8	SR	1002044	7,13
90	50	8,2	SR	1002046	10,34
110	50	10,0	BP	1002048	15,40

Cumple con las especificaciones de la norma UNE-EN 12201
Posee la marca de calidad AENOR

• Para otros diámetros y presiones, consultar.
 • Los códigos corresponden al m.l. de tubería.
 • Para presentaciones en barras de 6 y 12 m, consultar.

Figura 26. **Características y precios de la tubería PE 100. URALITA**

También serán necesarios enlaces (T's, codos), válvulas, manguitos, abrazaderas.

• DEPÓSITO DE EXPANSIÓN.

El depósito de expansión permite absorber los aumentos de volumen producidos por la elevación de la temperatura del fluido que circula por el intercambiador geotérmico (agua + 30% de etilenglicol)

Para este proyecto se ha seleccionado un vaso de expansión del fabricante Sedical de 50 litros de capacidad y 5 bar de presión máxima de trabajo. A continuación se adjunta su hoja técnica.

SEDICAL - HOJA TÉCNICA DEL VASO DE EXPANSION NG - 50/6

Datos generales

Tipo de aplicación : Circuitos cerrados
 Tipo de vaso : Sin transferencia de masa
 Modelo de vaso : N - 50/6
 Temperatura de llenado : 0.0 °C

Volumen de agua

El volumen de la instalación : No es conocido
 N° de tramos a calcular : 1
 Volumen de la instalación : 459.2 litros

Datos de cálculo

Concentración de etilenglicol : 30.0 %
 Presión estática : 3.9 m
 Presión mínima - tª mínima : 0.9 bar
 Presión máxima - tª máxima : 5.0 bar
 Presión de la válvula de seguridad : 6.0 bar

Tramos

Volumen	Tª mínima	Tª máxima
459 l	0 °C	10 °C

Modelo seleccionado

Vaso de expansión principal : 1 x NG - 50/6
 Sistema de transferencia de masa : Sin transferencia

Datos técnicos del conjunto

Presión máxima de trabajo : 6 bar
 Pres. vaso sin conectar al circuito : 0.7 bar
 Cap. de acumulación necesaria : 2.3 litros
 Expansión total de la instalación : 1.4 litros
 Volumen de agua en el vaso a
 - temperatura mínima : 5.3 litros
 - temperatura de llenado : 5.3 litros

Croquis del vaso NG - 50/6

Figura 27. *Hoja técnica del vaso de expansión.*

4. DISEÑO DE LA BOMBA DE CALOR

4.1. DATOS DE PARTIDA

En este proyecto se utilizará el refrigerante de nueva generación R-422D y se hará una comparación económica, energética y también de las emisiones, entre este refrigerante y el R-22.

La bomba de calor se diseñará para trabajar con temperaturas de evaporación y condensación de 0°C y 55°C.

$$T_e = 0^\circ\text{C}$$

$$T_c = 55^\circ\text{C}$$

4.2. DIAGRAMA TERMODINÁMICO

A partir de los datos de las temperaturas de evaporación y condensación se puede obtener usando el diagrama termodinámico las presiones de evaporación y condensación.

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$P_e = 249 \text{ kPa}$	$P_e = 500 \text{ kPa}$
$P_c = 2260 \text{ kPa}$	$P_c = 2200 \text{ kPa}$

Tabla 49. **Presión de evaporación y condensación teórica para ambos refrigerantes.**

La pérdida de carga que el refrigerante sufre al circular por todos los componentes del sistema de la bomba de calor, supone un aumento de la presión de impulsión para compensar esa pérdida de carga. Las pérdidas de carga más importantes son la que experimenta en el evaporador y en el condensador.

Al diseñar el ciclo termodinámico, se suele hacer la consideración siguiente; los evaporadores se diseñan para una pérdida de carga aproximada del 10% de la presión absoluta de trabajo y los condensadores se diseñan para una pérdida de carga aproximada del 5% de la presión absoluta de trabajo.

Luego las presiones reales del evaporador y del condensador son:

$$P_{er} = 0.9 \cdot P_e$$

$$P_{cr} = 1.05 \cdot P_c$$

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$P_{er} = 441 \text{ kPa}$	$P_{er} = 450 \text{ kPa}$
$P_{cr} = 2373 \text{ kPa}$	$P_{cr} = 2310 \text{ kPa}$

Tabla 50. **Presión real de evaporación y de condensación para los dos refrigerantes.**

La relación de compresión viene dada por la siguiente fórmula:

$$\tau = \frac{P_{cr}}{P_{er}}$$

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$\tau = 5,38$	$\tau = 5,13$

Tabla 51. **Relación de compresión para los dos refrigerantes.**

Con estas relaciones de compresión se puede obtener el rendimiento indicado utilizando las siguientes gráficas:

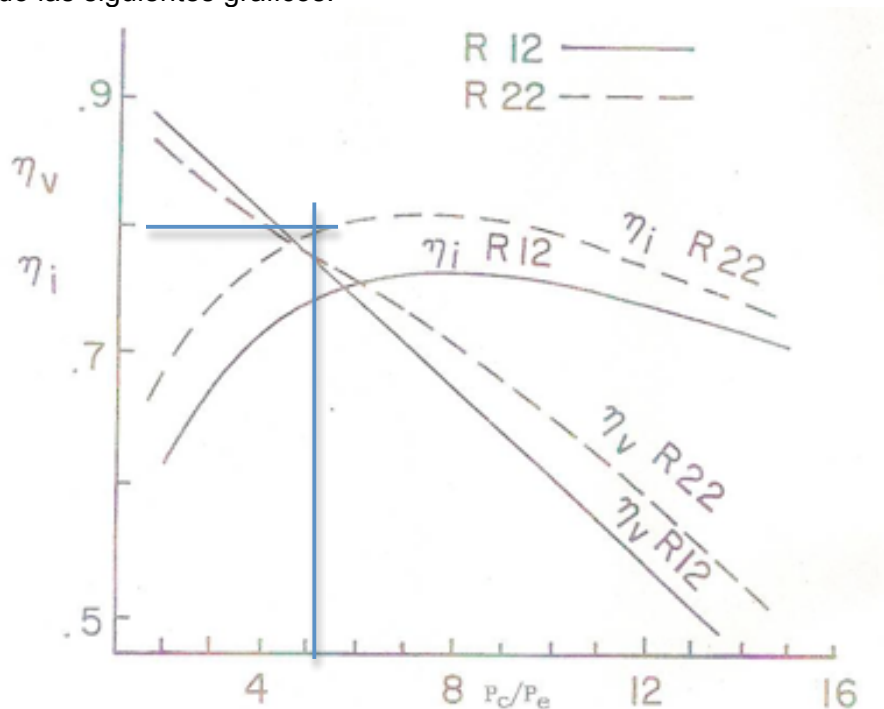


Figura 28. **Rendimiento indicado para el R-22.**

NOTA: Como no se dispone de la gráfica del rendimiento indicado para el R-422D, se usa de manera aproximada la del R-22, ya que la relación de compresión de ambos refrigerantes es muy semejante.

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$\eta_{ind} = 0,8$	$\eta_{ind} = 0,8$

Tabla 52. **Rendimiento indicado para los dos refrigerantes.**

A continuación se muestran los diagramas termodinámicos para los refrigerantes R-22 y R-422D:

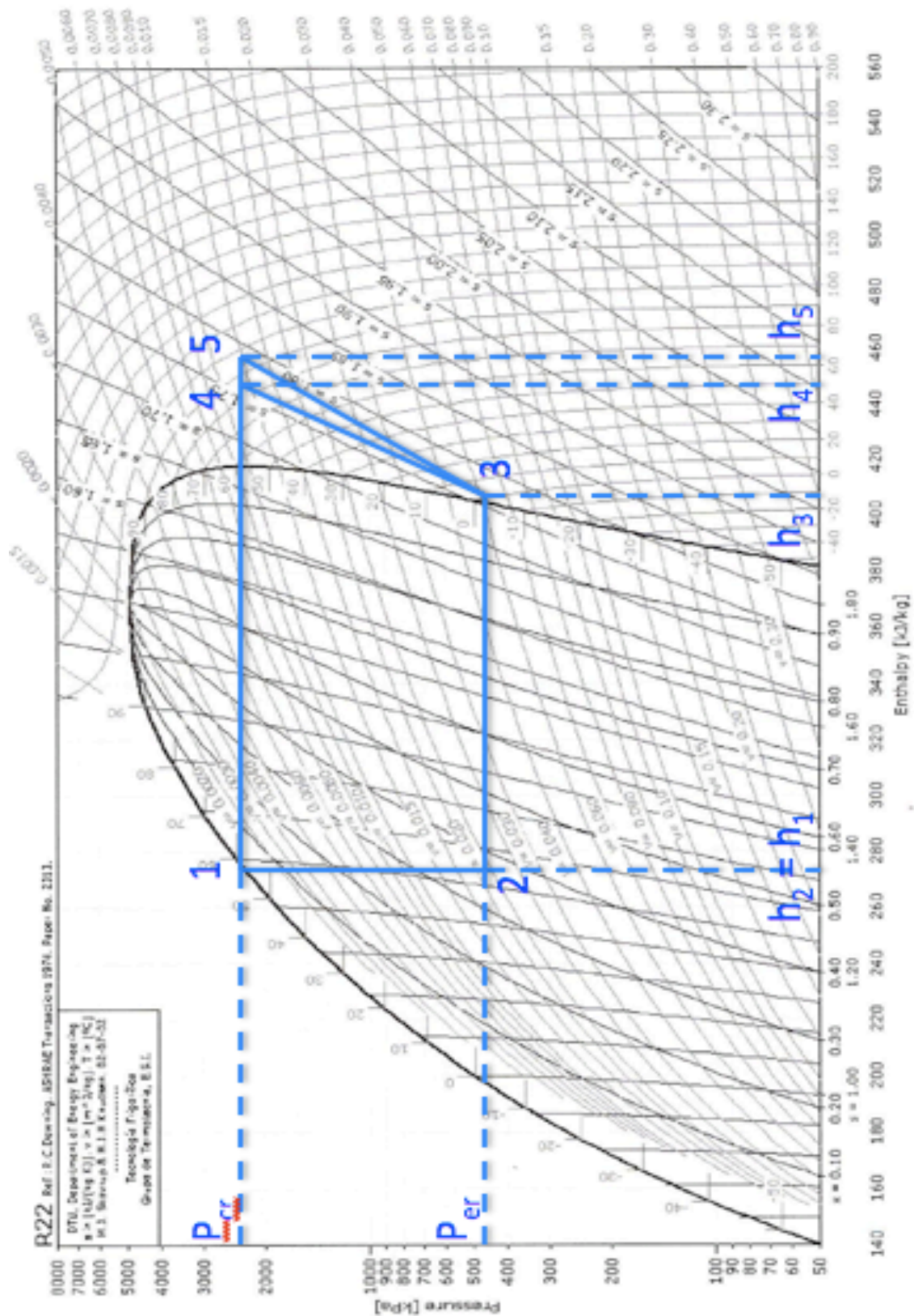


Figura 29. **Diagrama P-h de la bomba de calor para el R-22.**

El refrigerante R-422D al no ser una mezcla azetrópica, presenta un deslizamiento en torno a los 2°C. A la hora del calcular el ciclo de la bomba de calor hay que tener en cuenta dicho deslizamiento. En el diagrama del R-422D el deslizamiento se hace más acusado en el evaporador. Para calcular el punto de entrada en el evaporador; habrá que seguir la línea isobárica desde el punto de salida del evaporador, y para conocer la temperatura de dicho punto habrá que trazar la paralela a las isotermas por ese punto.

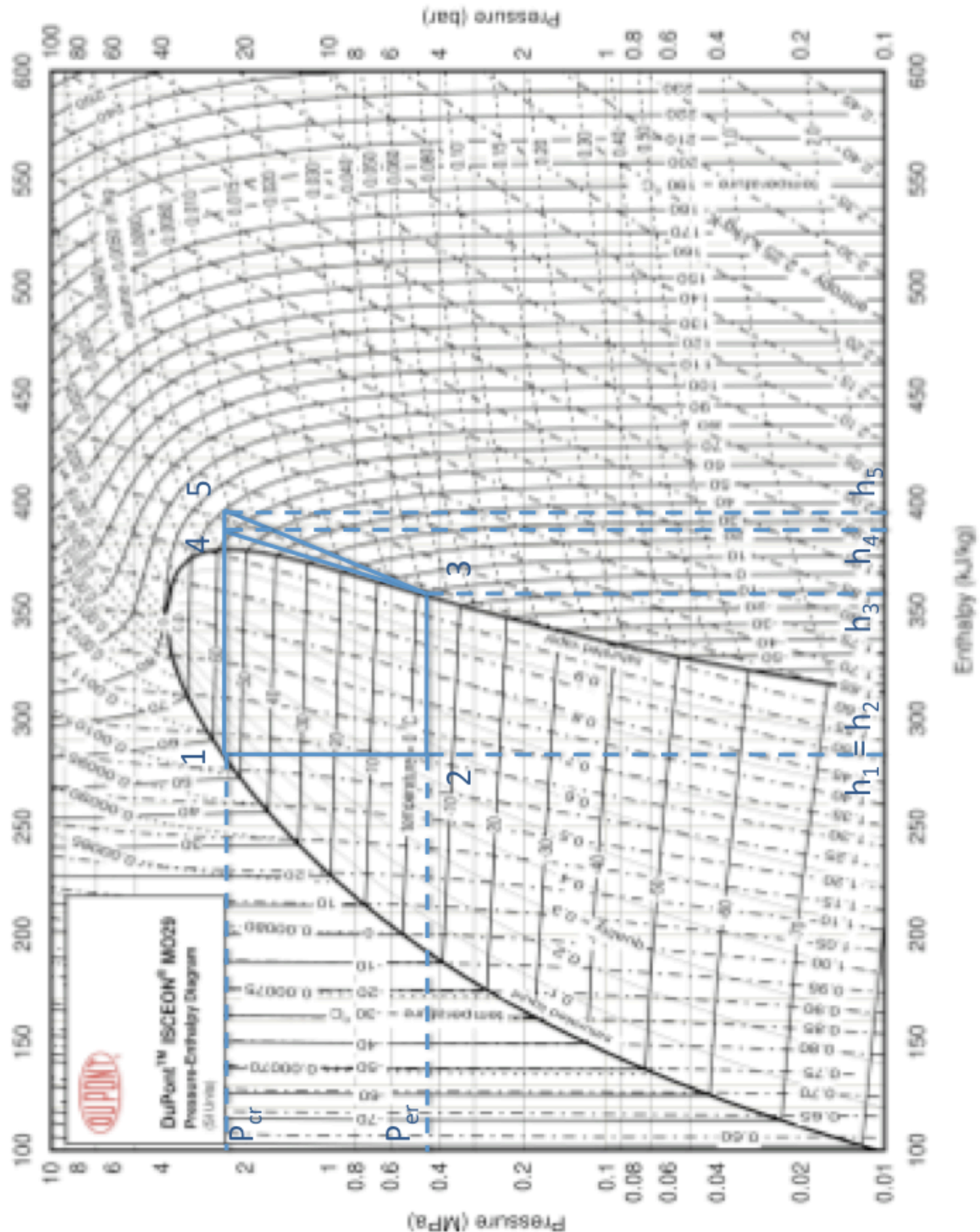


Figura 30. Diagrama P-h de la bomba de calor para el R-422D.

De los diagramas termodinámicos se han obtenido los valores de las entalpías:

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$h_1(P_{cr}) = 275 \text{ kJ/kg}$	$h_1(P_{cr}) = 272 \text{ kJ/kg}$
$h_2(P_{cr}) = 275 \text{ kJ/kg}$	$h_2(P_{cr}) = 272 \text{ kJ/kg}$
$h_3(P_{er}) = 357 \text{ kJ/kg}$	$h_3(P_{er}) = 404 \text{ kJ/kg}$

Tabla 53. **Entalpías h_1 , h_2 y h_3 .**

Para calcular h_4 , hay que seguir una línea isentrópica desde el punto 3:

- Para el refrigerante R-422D la línea isentrópica es $s = 1,63 \text{ kJ/kg}$ obteniéndose $h_4 = 385 \text{ kJ/kg}$.
- Para el refrigerante R-22 la línea isentrópica es $s = 1,79 \text{ kJ/kg}$ obteniéndose $h_4 = 448 \text{ kJ/kg}$.

Para calcular el punto de descarga del compresor se utilizará la siguiente fórmula:

$$h_5 = h_3(P_{er}) + \frac{h_4 - h_3(P_{er})}{\eta_{ind}}$$

Con todos los datos, ya se puede calcular el valor de la entalpía h_5 .

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$h_5 = 392 \text{ kJ/kg}$	$h_5 = 459 \text{ kJ/kg}$

Tabla 54. **Entalpía en el punto de descarga por los dos refrigerantes.**

Una vez que ya son conocidas todas las entalpías, ya es posible calcular la potencia del compresor, del evaporador y la del condensador:

- **POTENCIA INDICADA DEL COMPRESOR POR UNIDAD DE MASA:** Se calculará usando la siguiente fórmula:

$$w_i = h_5 - h_3(P_{er})$$

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$w_i = 35 \text{ kJ/kg}$	$w_i = 55 \text{ kJ/kg}$

Tabla 55. **Potencia del compresor para los dos refrigerantes.**

- **POTENCIA DEL EVAPORADOR POR UNIDAD DE MASA:** Se calculará usando la siguiente fórmula:

$$q_e = h_3(P_{er}) - h_2(P_{cr})$$

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$q_e = 82 \text{ kJ/kg}$	$q_e = 132 \text{ kJ/kg}$

Tabla 56. **Potencia del evaporador para los dos refrigerantes.**

- **POTENCIA DEL CONDENSADOR POR UNIDAD DE MASA:** Se calculará usando la siguiente fórmula:

$$q_c = h_5 - h_1(P_{cr})$$

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$q_c = 117 \text{ kJ/kg}$	$q_c = 187 \text{ kJ/kg}$

Tabla 57. **Potencia del condensador para los dos refrigerantes.**

- **POTENCIA MECÁNICA DEL COMPRESOR POR UNIDAD DE MASA:** La potencia mecánica del compresor, se calcula dividiendo la potencia del compresor entre el rendimiento mecánico. El rendimiento mecánico con el que se trabajará en este proyecto es: $\eta_{mec} = 0,85$

$$w_m = \frac{w}{\eta_{mec}}$$

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$w_m = 41,176 \text{ kJ/kg}$	$w_m = 64,71 \text{ kJ/kg}$

Tabla 58. **Potencia mecánica del compresor para los dos refrigerantes.**

- **POTENCIA ELÉCTRICA DEL COMPRESOR POR UNIDAD DE MASA:** La potencia eléctrica del compresor, se calcula dividiendo la potencia del compresor entre el rendimiento eléctrico del compresor. El rendimiento eléctrico con el que se trabajará en este proyecto es: $\eta_{elec} = 0,85$

$$w_e = \frac{w_m}{\eta_{elec}}$$

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$w_e = 48,443 \text{ kJ/kg}$	$w_e = 76,12 \text{ kJ/kg}$

Tabla 59. **Potencia eléctrica del compresor para los dos refrigerantes.**

- **CAUDAL DE REFRIGERANTE:** El caudal de refrigerante se calcula dividiendo la carga térmica máxima entre la potencia del condensador. La carga térmica máxima es de 16,187 KW.

$$m_r = \frac{Q_c}{q_c}$$

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$m_r = 0,138 \text{ Kg/s}$	$m_r = 0,0865 \text{ Kg/s}$

Tabla 60. **Caudal necesario de cada refrigerante.**

- **POTENCIA DEL EVAPORADOR:**

$$Q_e = q_e \cdot m_r$$

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$Q_e = 11,32 \text{ kW}$	$Q_e = 11,42 \text{ KW}$

Tabla 61. **Potencia del evaporador para los dos refrigerantes.**

- **POTENCIA DEL COMPRESOR:**

$$W_e = w_e \cdot m_r$$

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$W_e = 6,69 \text{ kW}$	$W_e = 6,59 \text{ kW}$

Tabla 62. **Potencia eléctrica del compresor para los dos refrigerantes.**

- POTENCIA DEL CONDENSADOR:**

$$Q_c = q_c \cdot m_r$$

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$Q_c = 16,15 \text{ kW}$	$Q_c = 16,17 \text{ kW}$

Tabla 63. **Potencia eléctrica del condensador para los dos refrigerantes.**

Lógicamente el valor de la potencia del condensador es igual a la carga térmica de la vivienda.

- COEFICIENTE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA MECÁNICO:** El coeficiente de eficiencia energética mecánico como bomba de calor es:

$$COP_m = \frac{q_c}{w_m}$$

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$COP_m = 2,84$	$COP_m = 2.89$

Tabla 64. **Coeficiente de eficiencia energética mecánico para los dos refrigerantes.**

- COEFICIENTE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICO O COEFICIENTE DE OPERACIÓN:** El coeficiente de eficiencia energética eléctrico como bomba de calor es:

$$COP_e = \frac{q_c}{w_e}$$

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$COP_e = 2,41$	$COP_e = 2.46$


Tabla 65. **Coeficiente de eficiencia energética eléctrico para los dos refrigerantes.**

4.3. SELECCIÓN DE LA BOMBA DE CALOR

Ya se dispone de datos suficientes para seleccionar la bomba de calor geotérmica que funcione con el refrigerante R-22. El fabricante seleccionado ha sido Carrier y el modelo elegido el 50RHC AQUAZONE.

**Bomba de calor geotérmica agua/agua
50RHC AQUAZONE™**

[Ver la traducción](#)



50RHC006-060 and 50RVC009-060 units cover Standard (60° to 95° F) range commercial waterloop (boiler/tower) new and replacement type applications.

All Commercial water-to-air Water Source Heat Pumps are packaged water-to-air units, which are factory wired, piped, charged with refrigerant R-22, tested, and ready for installation.

[Más información...](#)

Figura 31. **Bomba de calor geotérmica agua/agua de Carrier.**

En la siguiente tabla se especifican sus prestaciones térmicas:

50RHC - Horizontal - ½ to 5 Nominal Tons
50RVC - Vertical - ¾ to 5 Nominal Tons



Performance & Sizing Information - Rated Performance Under ARI/ISO-13256-2 Conditions

Size	Liquid Flow (gpm)	Air Flow (cfm)	Water Loop Heat Pump			
			Cooling 86° F		Heating 68° F	
			Capacity (Btuh)	EER Btuh/W	Capacity (Btuh)	COP
006 Horz Only	1.7	220	6,400	12.5	8,300	4.2
009	2.3	325	8,300	12.7	10,800	4.3
012	3.0	400	11,500	12.7	14,300	4.2
018	4.5	600	18,200	12.1	22,600	4.2
024	6.0	800	23,800	12.2	27,800	4.3
030	7.5	1000	28,300	12.0	32,900	4.3
036	9.5	1250	35,000	12.0	46,800	4.2
042	11.0	1350	41,000	12.0	52,600	4.2
048	12.0	1600	47,100	12.2	58,000	4.3
060	15.0	2000	58,000	12.3	69,500	4.3

- ARI/ASHRAE/ISO 13256-1 English (IP) Units.
- Not Rated in Ground Water or Ground Loop Heat Pump applications of ARI/ASHRAE/ISO 13256-1.
- Intended for use only in applications with EWT Ranges of 60° F to 95° F.
- Cooling capacities based upon 80.6° F DB, 66.2° F WB entering air temperature. Heating capacities based upon 68° F DB, 59° F WB entering air temperature. All air flow rated on high speed.
- All ratings based upon operation at lower Voltage of dual Voltage rated models.

Tabla 66. **Características térmicas de la bomba de calor seleccionada.**

Como puede observarse los datos aparecen en unidades inglesas por lo que habrá que transformarlos a unidades del Sistema Internacional:

$$68^{\circ}F = \frac{68 - 32}{1,8} = 20^{\circ}C$$

$$58000BTU = 58000BTU \cdot \frac{1kWh}{3413BTU} = 17kWh$$

Recordemos que la potencia en calor que la vivienda requiere son 16,1 kWh, luego se dispone de potencia necesaria para satisfacer las necesidades de calefacción.

Para el refrigerante R-422D no ha sido possible la selección de un equipo, debido a la reciente aparición de este refrigerante. En lo sucesivo se utilizará para los calculos la bomba de calor seleccionada para el R-22.

- **COEFICIENTE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA INDICADO:** El coeficiente de eficiencia energética indicado como bomba de calor es:

$$COP_i = \frac{q_c}{w_i + w_{equipos auxiliares}}$$

Siendo $w_{equipos auxiliares}$ el trabajo de los ventiladores de la bomba de calor. Consultando las hojas técnicas de la bomba de calor la potencia absorbida por el motor del ventilador es 746 W.

Refrigerante R-422D	Refrigerante R-22
$COP_i = 2,17$	$COP_i = 2,20$

Tabla 67. **Coeficiente de eficiencia energética indicado para los dos refrigerantes**

5. SIMULACIÓN EN MATHCAD DE LA CALEFACCIÓN DE LA VIVIENDA A LO LARGO DE UN AÑO.

Para la simulación del funcionamiento de la calefacción de la vivienda se empleará el programa Mathcad, en él se cargarán los datos meteorológicos recogidos en Madrid durante 1995. Estos datos fueron tomados cada diez minutos a lo largo de todo el año, por lo que hay 144 datos para cada día.

5.1. EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA.

A continuación se va a determinar la evolución de la temperatura durante la temporada de funcionamiento de la calefacción; que abarca del 1 de Noviembre al 30 de Abril.

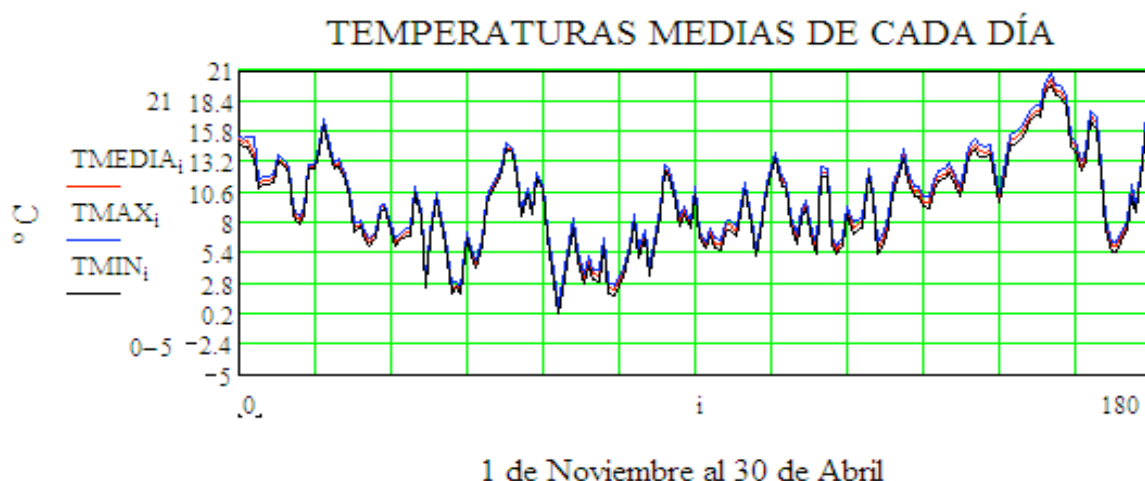


Figura 32. *Evolución de las temperaturas para la temporada de calefacción.*

Como se puede observar en la anterior figura el día más frío corresponde al 3 de Enero, el día de más calor es el 10 de Abril y el día intermedio es el 24 de Febrero. Estas temperaturas medias se han calculado teniendo en cuenta las 24 horas del día, pero la realidad es que la calefacción no funcionará durante todo el día. Suponiendo un horario de funcionamiento de las 11:00 horas de la mañana a las 23:00 horas de la noche, las temperaturas medias obtenidas son:

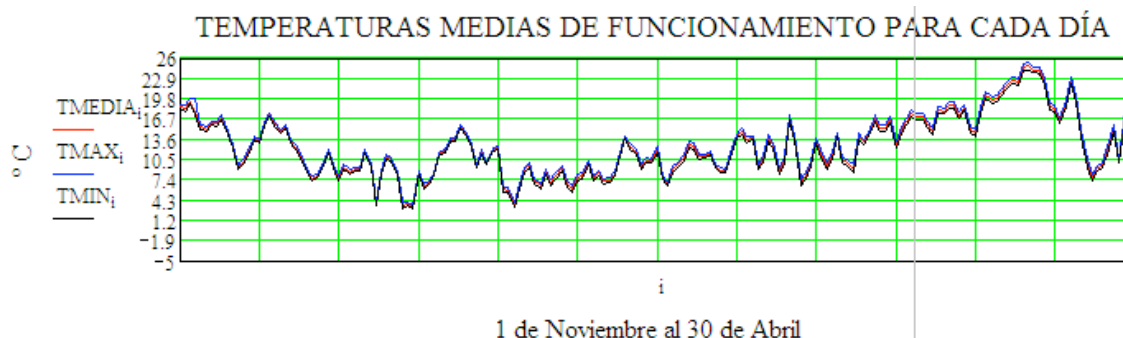


Figura 33. *Evolución de las temperaturas de funcionamiento para la temporada de calefacción.*

Para el horario de funcionamiento el día más caluroso sigue siendo el 10 de Abril, pero el día más frío es ahora el 15 de Diciembre. A partir de ahora se va a considerar que el día 3 de Enero el día más frío (a lo largo de las 24 horas del día tiene las temperaturas más bajas) y también se estudiará el día 15 de Diciembre pues durante el periodo de funcionamiento en este día se alcanzarán las cargas más elevadas.

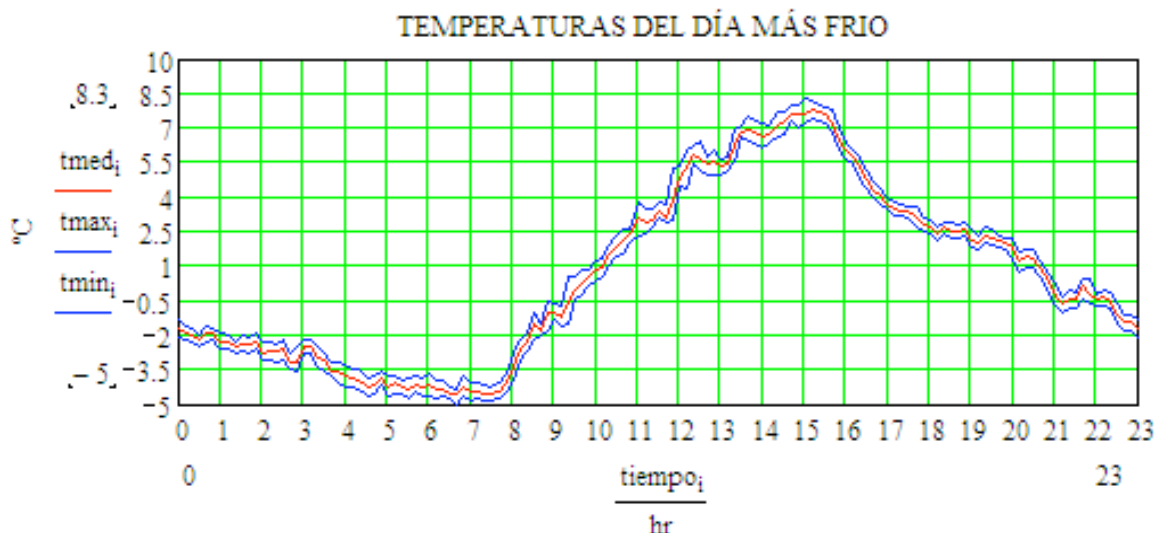


Figura 34. **Evolución de la temperatura del día más frío.**

Para el 3 de Enero las temperaturas son:

$$\begin{aligned}
 t_{max} &= 8.3 \text{ }^{\circ}\text{C} \\
 t_{min} &= -5 \text{ }^{\circ}\text{C} \\
 t_{med} &= 0.52 \text{ }^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

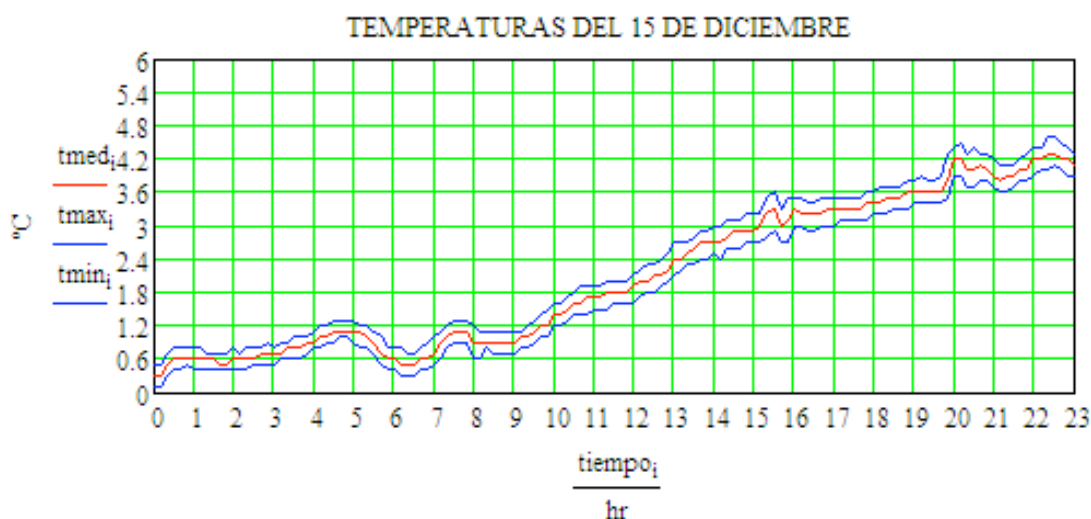


Figura 35. **Evolución de la temperatura del 15 de Diciembre.**

Para el 15 de Diciembre las temperaturas son:

$$\begin{aligned}
 t_{max} &= 4.6 \text{ }^{\circ}\text{C} \\
 t_{min} &= 0.1 \text{ }^{\circ}\text{C} \\
 t_{med} &= 2.13 \text{ }^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

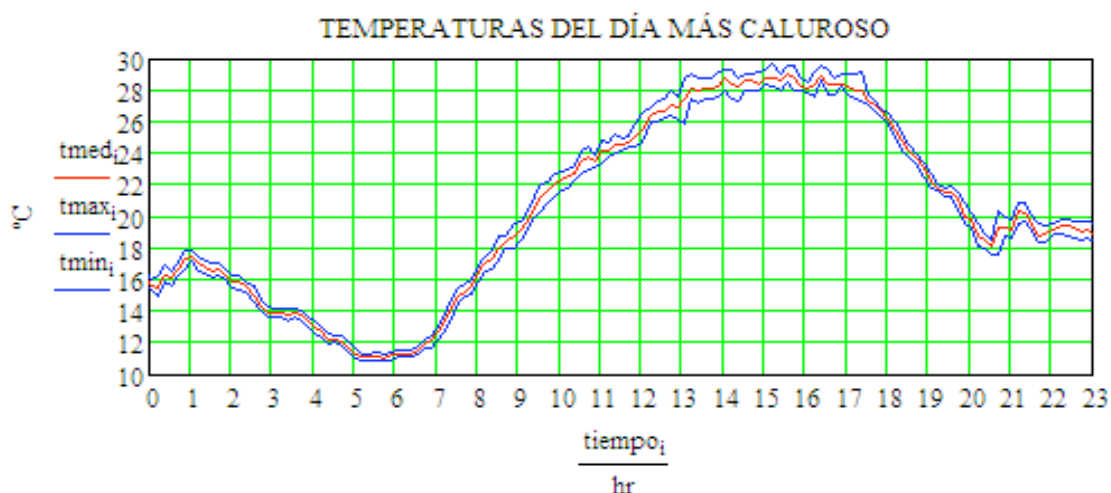


Figura 36. **Evolución de la temperatura del día más caluroso.**

Para el 10 de Abril las temperaturas son:

$$\begin{aligned} t_{max} &= 29.7 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ t_{min} &= 10.8 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ t_{med} &= 20.25 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

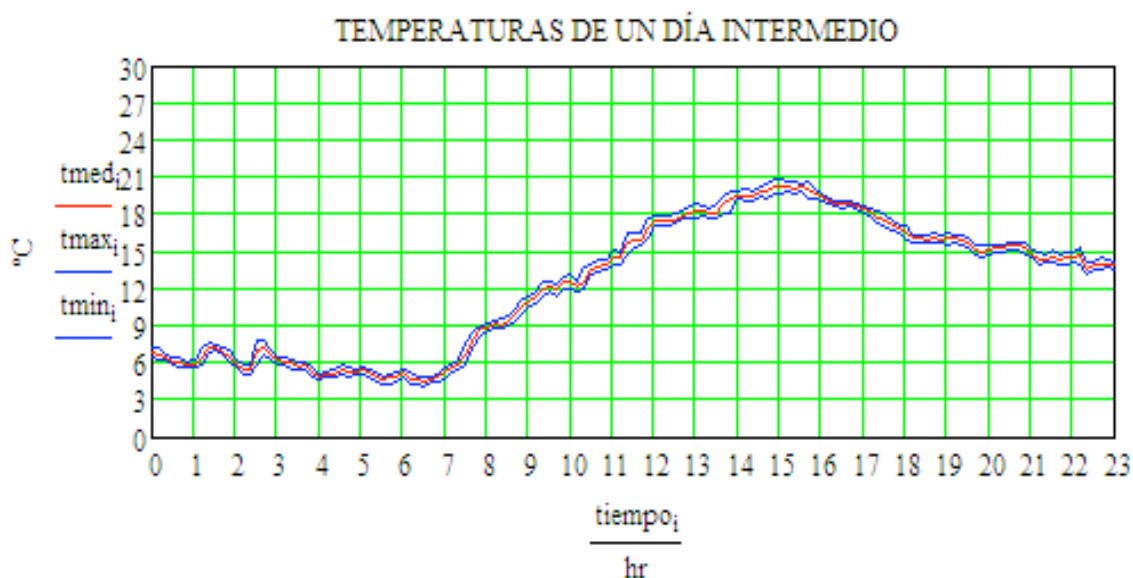


Figura 37. **Evolución de la temperatura de un día intermedio.**

Para el 24 de Febrero las temperaturas que tenemos son:

$$\begin{aligned} t_{max} &= 20.9 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ t_{min} &= 4.1 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ t_{med} &= 12.29 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

5.2. EVOLUCIÓN DE LA CARGA TÉRMICA

A continuación se va a determinar la evolución de la carga térmica estacional, para conocer las necesidades diarias y así poder determinar la energía necesaria para atenderlas.

Para la simulación de la carga térmica estacional se empleará el método descrito en los apuntes de la asignatura *Calor y Frío Industrial*.

- **Carga a través de paredes, techos y suelos:**

$$Q_{CERRAMIENTOS} = U \cdot A \cdot \Delta T = U \cdot A \cdot (T - T_{SL})$$

Q_{sen} : Carga en W

A : Superficie del cerramiento (m^2)

U : Coef. global de transmisión de calor ($W/m^2\text{°C}$)

Δt : Diferencia de temperatura (°C)

T : temperatura seca del recinto adyacente (°C).

Temperatura seca del recinto adyacente:

Podemos tener como recinto colindante:

- Terreno. Su temperatura depende de la zona, de la profundidad, y de la época del año.
- Local acondicionado: se tomará T igual a la temperatura de dicho recinto.
- Local no acondicionado: $T = T_{media}$ (igual que en el caso de verano)
- Ambiente exterior: $T = T_{seca}$ de diseño.

- **Transmisión de calor a través de superficies acristaladas:**

Sólo se consideran las aportaciones por conducción convección:

$$Q_{VENTANAS} = U \cdot A \cdot (T - T_{SL})$$

- **Carga debida a ventilación**

La cantidad de calor sensible y latente aportado como carga en forma instantánea se obtiene como:

Carga sensible:

$$Q_{sen} = V_{vent} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_{se} - T_{SL})$$

Q_{sen} : carga sensible (W)

V_{vent} : caudal de ventilación (m^3/s)

ρ : densidad del aire de ventilación (kg/m^3)

c_p : calor específico del aire ($J/kg^\circ C$)

T_{se} : temperatura seca exterior ($^\circ C$)

T_{sL} : temperatura seca del local ($^\circ C$)

Carga latente:

$$Q_{Lat} = V_{vent} \cdot \rho \cdot h_{fg} \cdot (W_e - W_L)$$

Q_{Lat} : carga latente (W)

h_{fg} : calor latente de cambio de fase del agua (J/kg)

W_e : relación de humedad del aire exterior (kg/kg)

W_L : relación de humedad del aire del local (kg/kg)

- **Carga debida a infiltraciones**

Como el volumen de aire infiltrado se considera un 20% del volumen de ventilación, la carga debida a infiltraciones será también un 20% de la carga de ventilación.

- **Cargas internas (Iluminación, equipos...)**

Este tipo de carga, en el caso de calefacción, es una carga aportada (debe ir con signo menos en el balance total), pero la instalación ha de ser capaz de funcionar sin estar presentes estas cargas, por ello únicamente se considerará un porcentaje de 10% del total de la potencia que proporciona la iluminación ($15 W/m^2$) y los equipos.

- **Inercia**

La inercia producida por la intermitencia del funcionamiento de la instalación supondrá una mayoración del 12%.

En el gráfico siguiente se muestra la carga térmica media de cada día, la media de las cargas térmicas máximas de cada día y la media de las cargas térmicas mínimas de cada día.

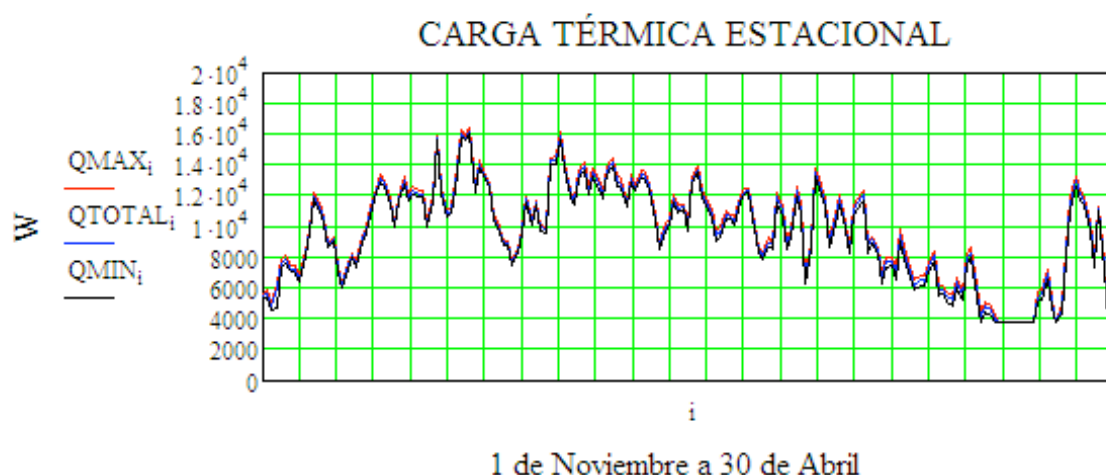


Figura 38. **Evolución estacional de la demanda térmica de calefacción.**

Del anterior gráfico se obtienen los siguientes datos:

- El día más frío, el 3 de Enero (día 63 del periodo de calefacción) presenta una carga térmica de 16,09 kW. La carga térmica máxima se encuentra en el 15 de Diciembre y toma un valor de 16,3 kW.
- El día más caluroso, 10 de Abril (día 160 del periodo de calefacción) presenta una carga térmica mínima de 3,69 kW.
- El día intermedio, el día 24 de Febrero, (día 116 del periodo de calefacción) presenta una carga térmica de 8.94 kW.

En los gráficos siguientes se presentan las cargas térmicas para los días indicados anteriormente. Entre líneas verticales rojas aparece el periodo de funcionamiento de la calefacción; de las 11:00 de la mañana hasta las 23:00 horas.

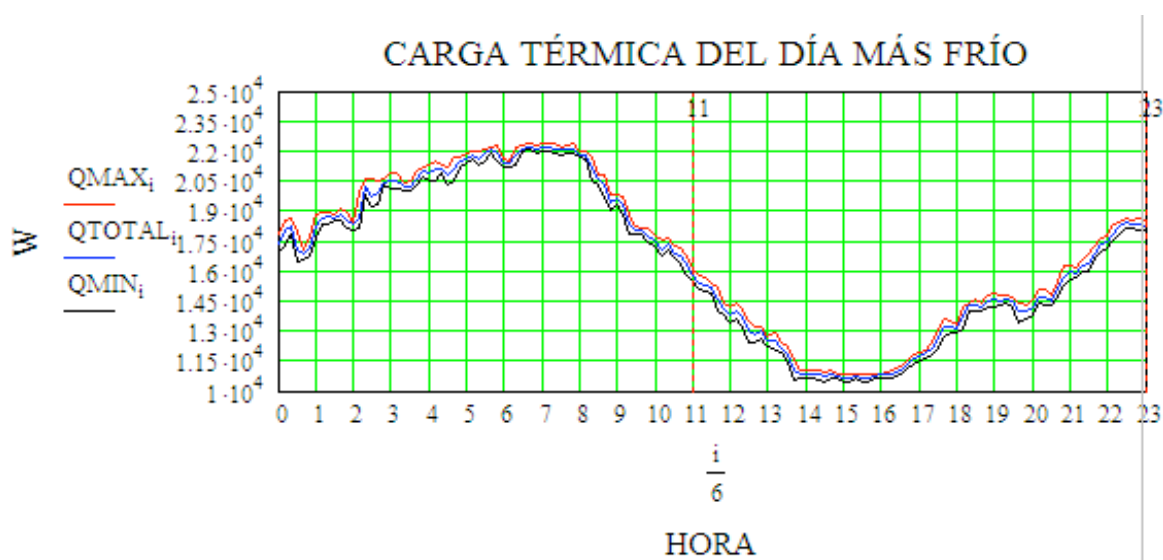


Figura 39. **Carga térmica del día más frío.**

Como puede observarse la carga térmica máxima se produce a las 8:00 de la mañana, fuera del periodo de funcionamiento del sistema de calefacción.

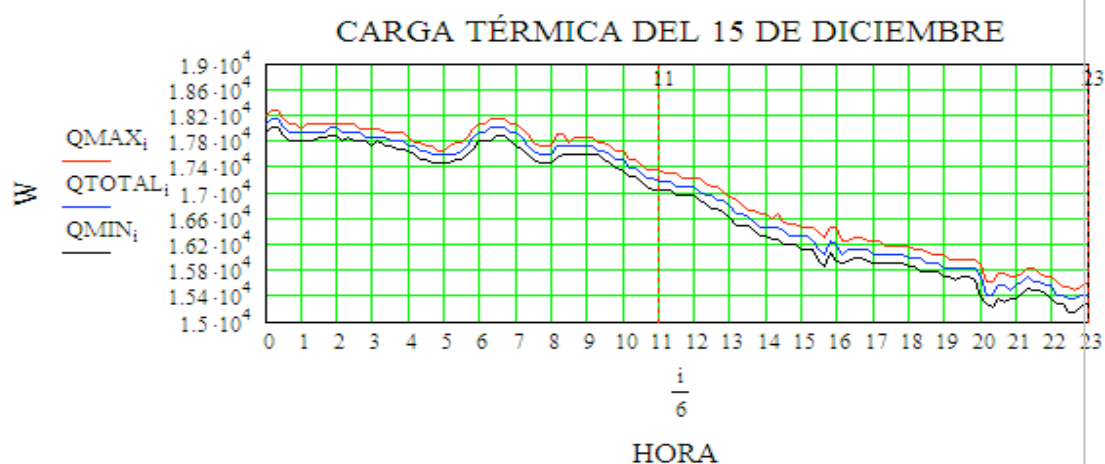


Figura 40. **Carga térmica del 15 de Diciembre.**

Como puede observarse la carga térmica máxima se produce entre las 0:00 y la 1:00, fuera del periodo de funcionamiento del sistema de calefacción.

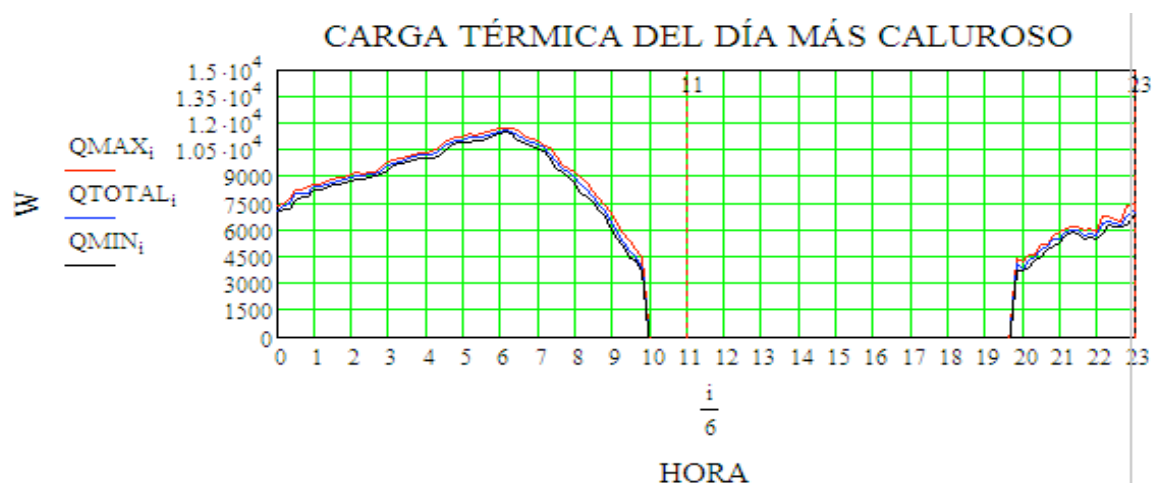


Figura 41. **Carga térmica del día más caluroso.**

Como se puede observar en día más caluroso, hasta las 19:30 no sería necesaria la calefacción.

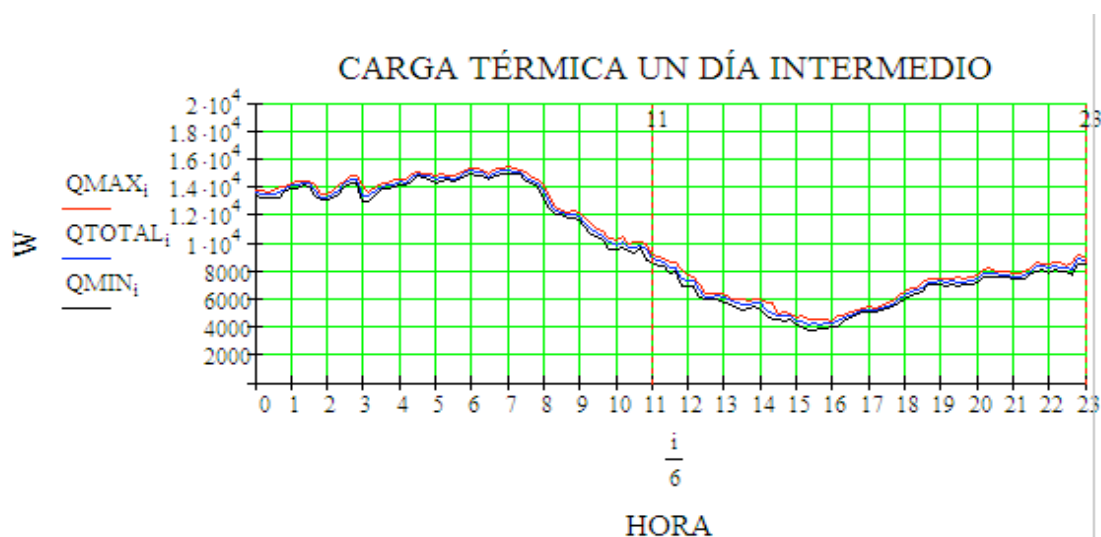


Figura 42. **Carga térmica para un día intermedio.**

5.3. EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA BOMBA DE CALOR

Como se estudió en el Capítulo 4, el comportamiento de la bomba de calor para el refrigerante R-22 y para el refrigerante R-422D es muy semejante. Por ello en esta memoria sólo se han reflejado los resultados para la bomba de calor que funciona con el R-422D.

Habrá que tener en cuenta además el horario de funcionamiento de la instalación:

- Desde las 11:00 a las 23:00 horas

REFRIGERANTE R-422D

A continuación se van a exponer los resultados obtenidos en la simulación de la bomba de calor que funciona con el nuevo refrigerante R-422D.

- **Potencia del evaporador.**

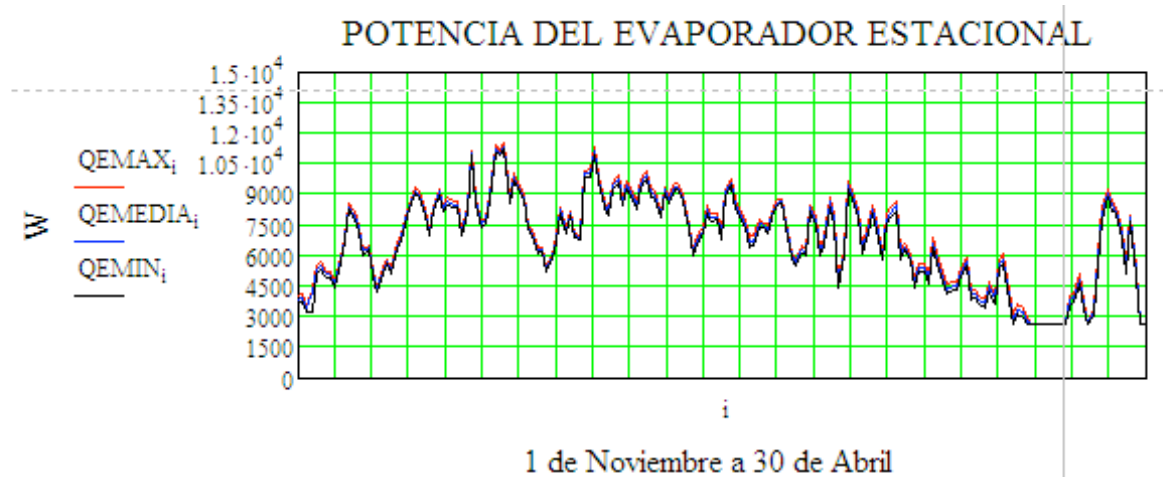


Figura 43. **Evolución de la potencia del evaporador.**

El día más frío, 3 de Enero (día 63 del periodo de calefacción) es necesaria una potencia de 11,09kW. El valor máximo se alcanza el día 44 del periodo de calefacción que corresponde con el día 15 de Diciembre, para ese día es necesario que el evaporador tenga una potencia media de 11,33 kW.

El valor mínimo es el correspondiente al día más caluroso (10 de Abril) y el valor medio de la potencia del evaporador es 2,58 kW.

Para un día intermedio como el 24 de Febrero la potencia media del evaporador es de 6,097 kW.

En la siguientes gráficas se puede ver la evolución de la potencia necesaria del evaporador a lo largo de esos días.

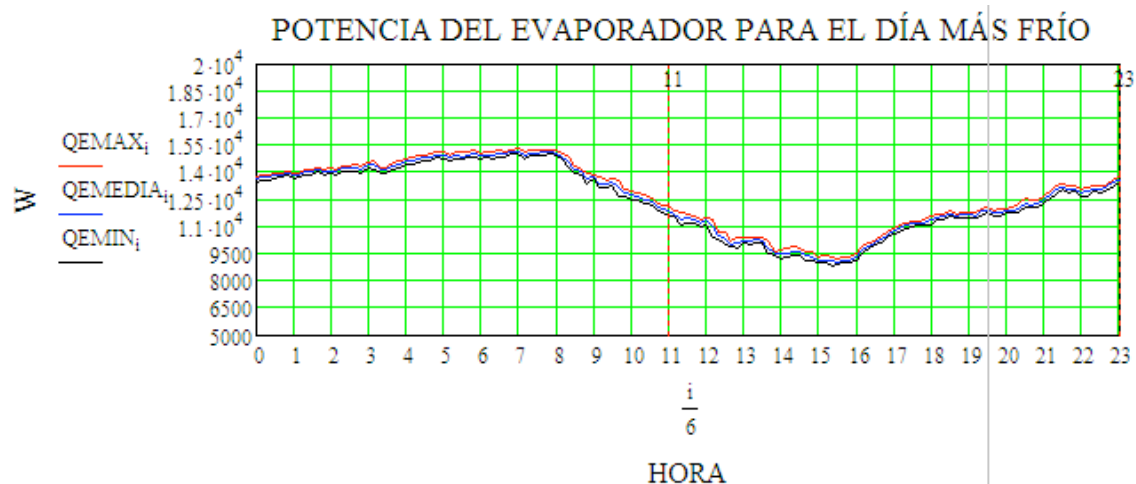


Figura 44. **Evolución de la potencia del evaporador para el día más frío.**

Como se puede observar la potencia máxima se produce a primera hora de la mañana y última del día, siendo el mínimo al mediodía.

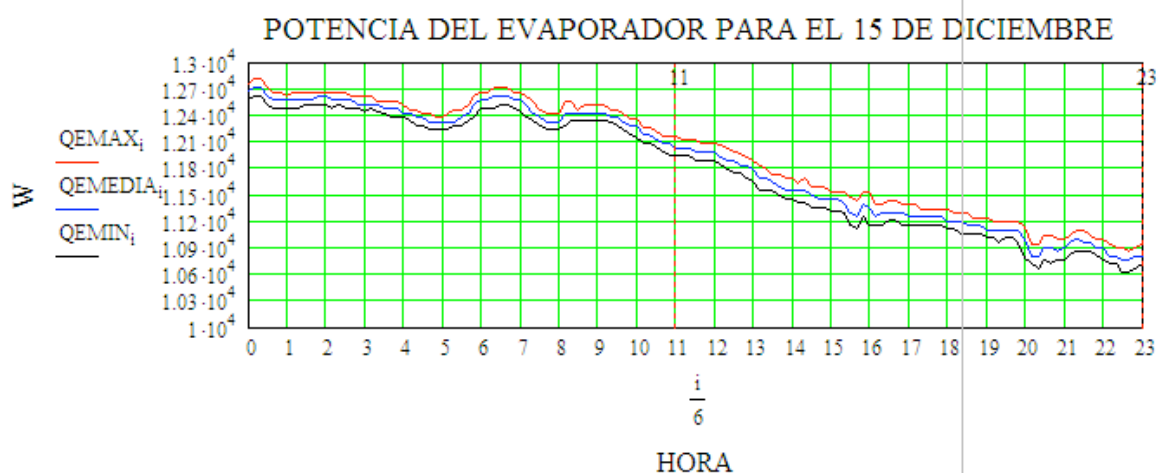


Figura 45. **Evolución de la potencia del evaporador para el 15 de Diciembre.**

Como se puede observar la potencia máxima se produce en las primeras horas de la madrugada y la potencia mínima a las últimas horas del día.

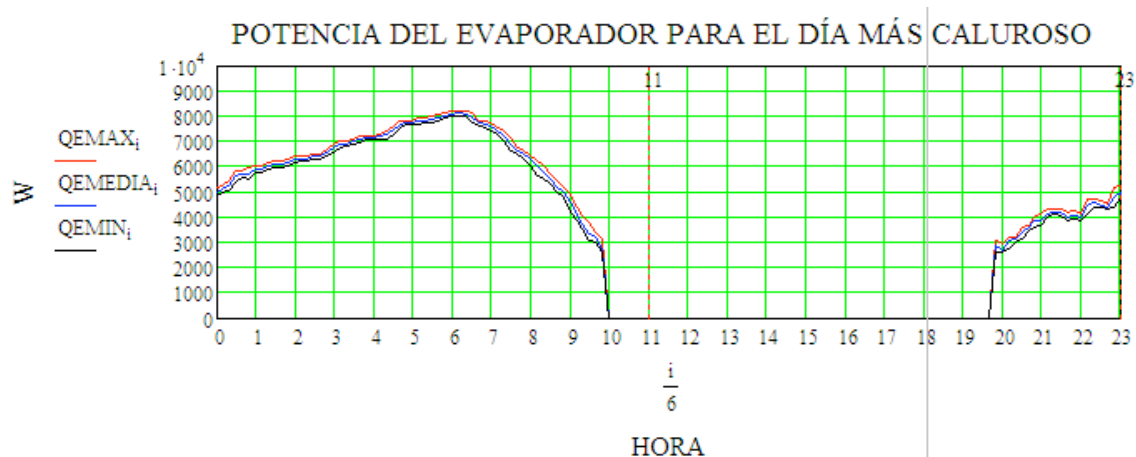


Figura 46. **Evolución de la potencia del evaporador para el día más caluroso.**

Durante el día más caluroso del periodo de calefacción sólo es necesario que la bomba de calor funcione a última hora del día.

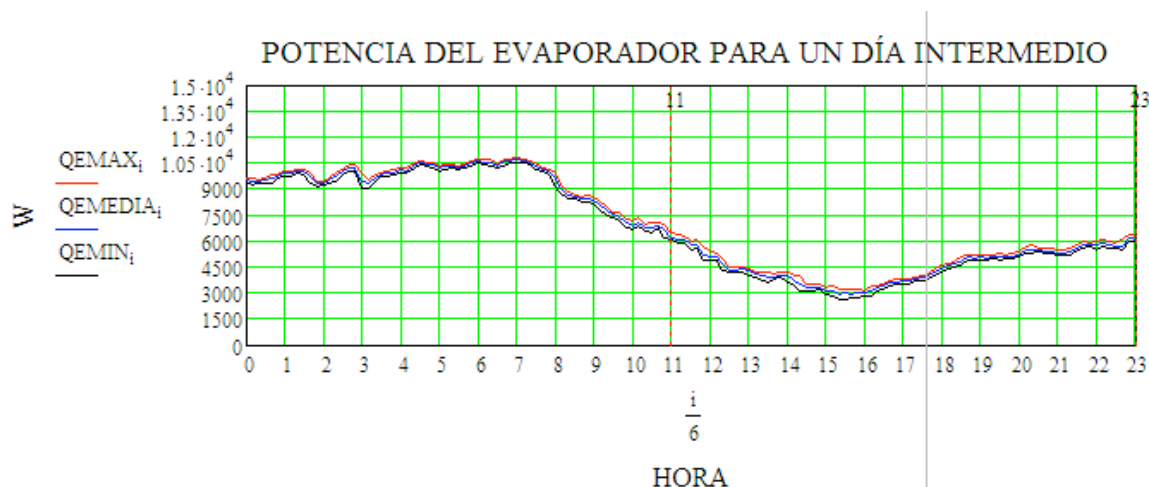


Figura 47. **Evolución de la potencia del evaporador para un día intermedio.**

El día intermedio no presenta grandes variaciones de potencia del evaporador, aunque los valores máximos se producen a primera hora del día y a última hora del día.

- **Potencia del compresor.**

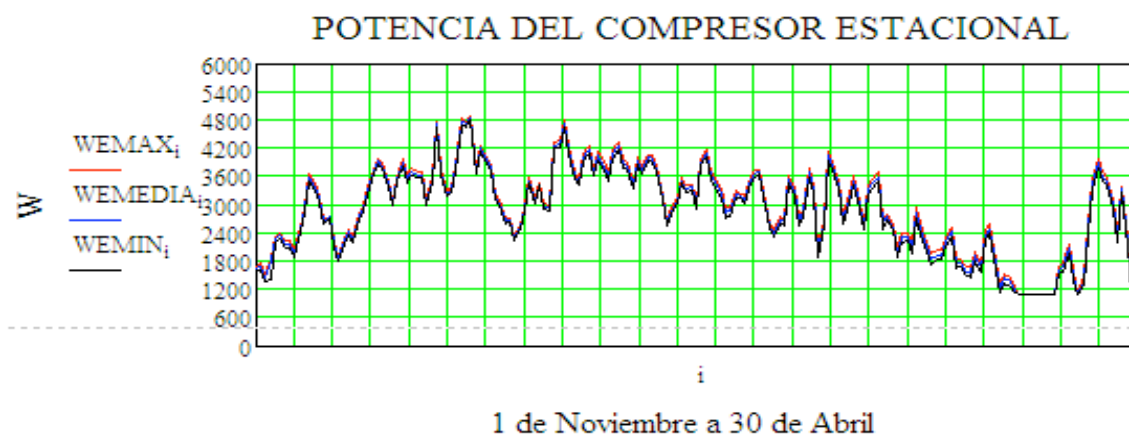


Figura 48. **Evolución de la potencia del compresor.**

El valor de la potencia del compresor para el día más frío, día 3 de Enero, es de 4,73 kW. El valor máximo se alcanza para el 15 de Diciembre y la potencia del compresor necesaria para ese día es 4,837 kW.

El valor mínimo es el correspondiente al día más caluroso (10 de Abril) y es de 1,104 kW.

Para el día intermedio la potencia media del compresor es de 2,602 kW.

En la siguientes gráficas se puede ver la evolución de la potencia necesaria del compresor a lo largo de esos días.



Figura 49. **Evolución de la potencia del compresor para el día más frío.**

Como cabe esperar los valores máximos de la potencia se producen en las primeras horas de la mañana y al final del día, al mediodía se producen los valores mínimos.

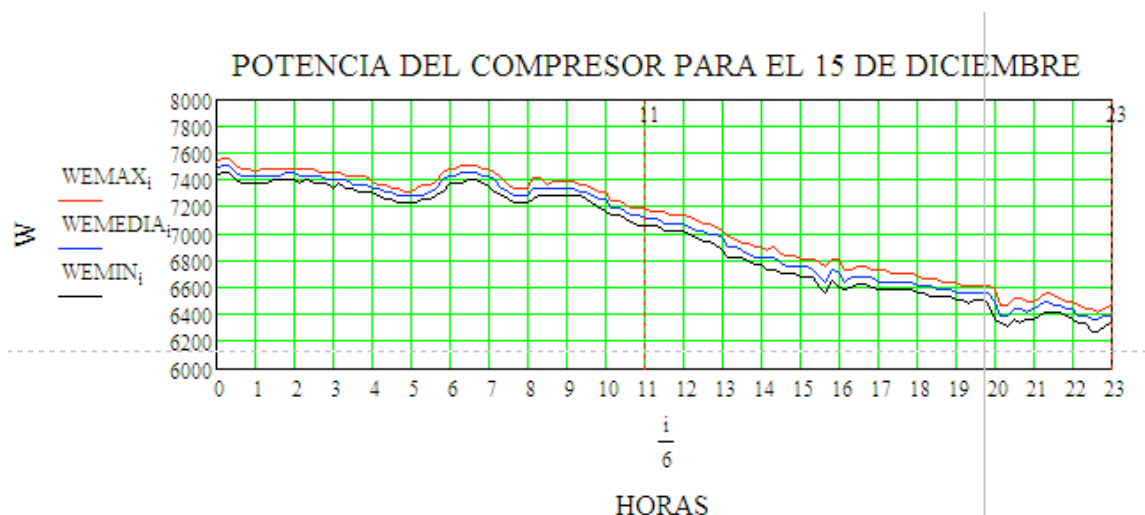


Figura 50. **Evolución de la potencia del compresor para el 15 de Diciembre.**

Los valores máximos de la potencia se producen en las primeras horas de la madrugada y van cayendo hasta el final del día.

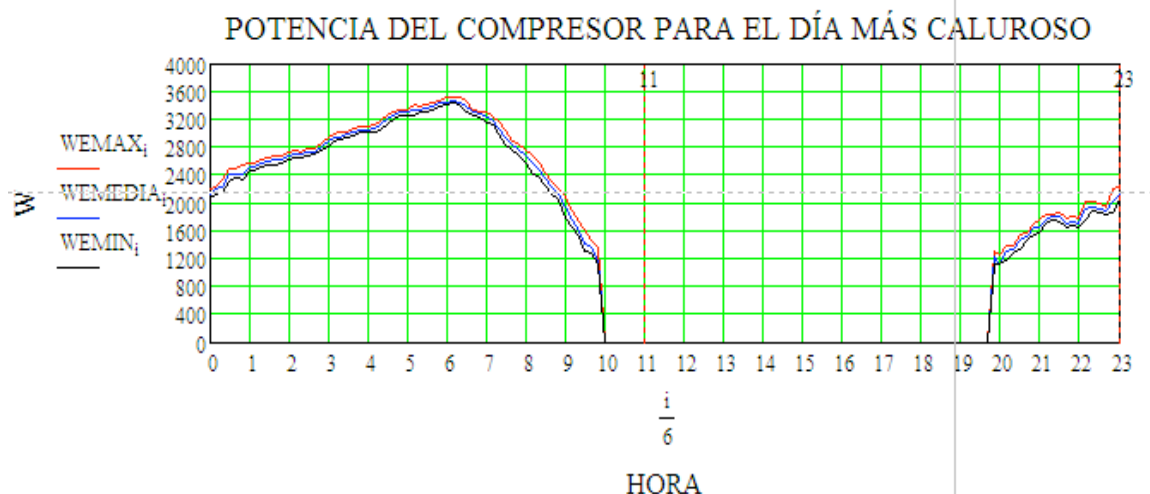


Figura 51. **Evolución de la potencia del compresor para el día más caluroso.**

El día más caluroso, el compresor sólo funciona en las últimas horas del día, estando parado casi todo el día.

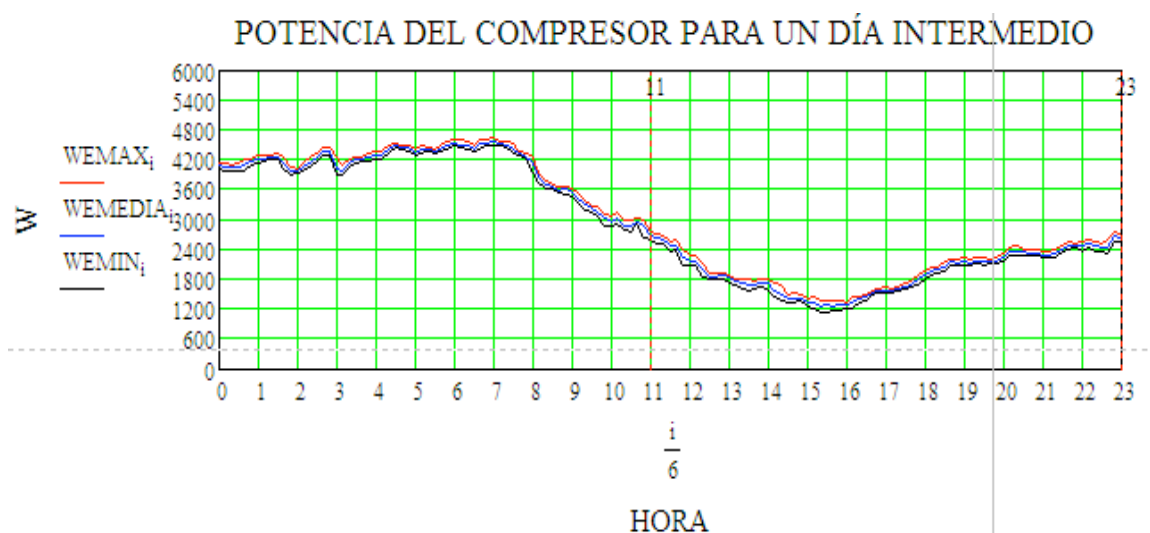


Figura 52. **Evolución de la potencia del compresor para un día intermedio.**

Los valores máximos se producen a primera hora de la mañana y los mínimos al mediodía.

- **Potencia del condensador.**

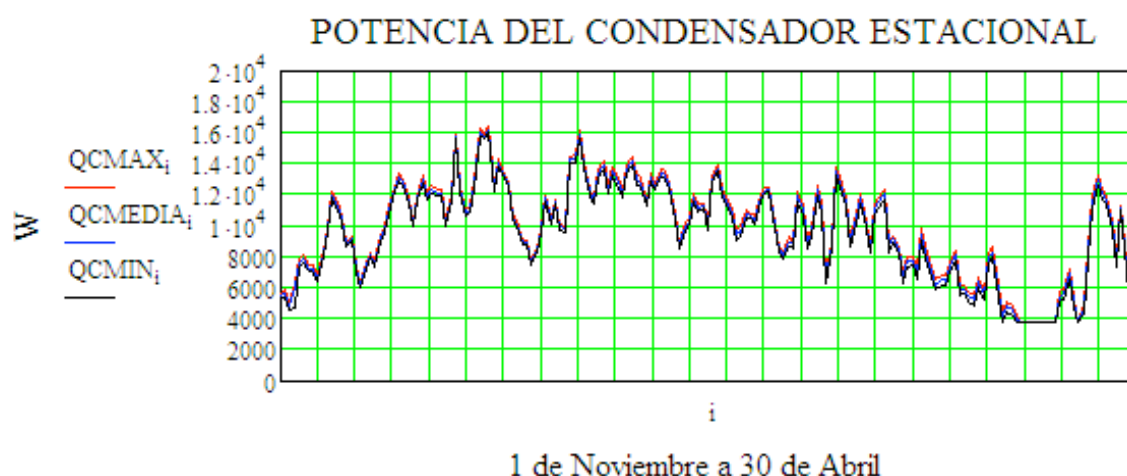


Figura 53. **Evolución de la potencia del condensador.**

Para el día más frío la potencia del condensador tiene que ser 15,83 kW. El valor máximo se alcanza el día 44 del periodo de calefacción que corresponde con el día 15 de Diciembre, para ese día es necesario que el condensador tenga una potencia media de 16,17 kW.

El valor mínimo es el correspondiente al día más caluroso (10 de Abril) y el valor medio de la potencia del evaporador es 3,691 kW.

Para un día intermedio como el 24 de Febrero la potencia media del evaporador es 8,699 kW.

En la siguientes gráficas se puede ver la evolución de la potencia necesaria del condensador a lo largo de esos días.

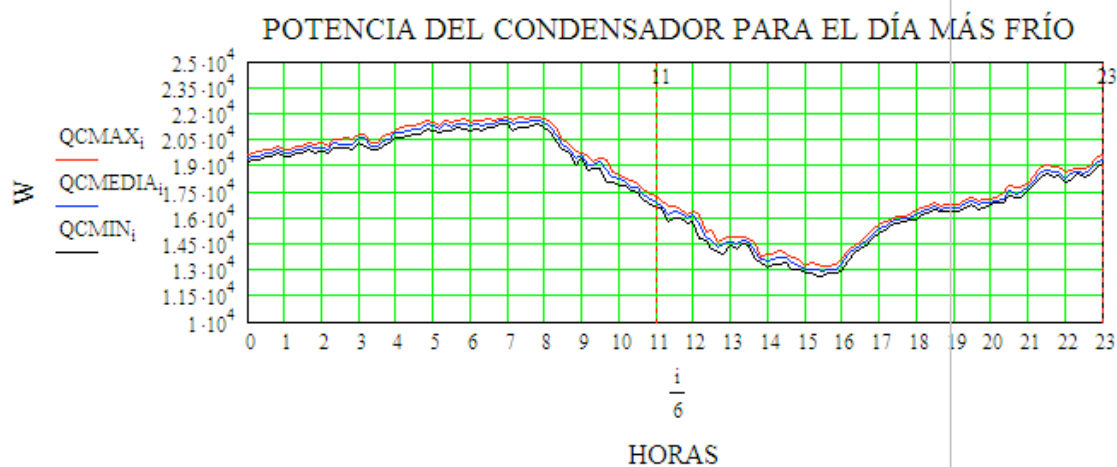


Figura 54. **Evolución de la potencia del condensador para el día más frío.**



Figura 55. *Evolución de la potencia del condensador para el 15 de Diciembre.*

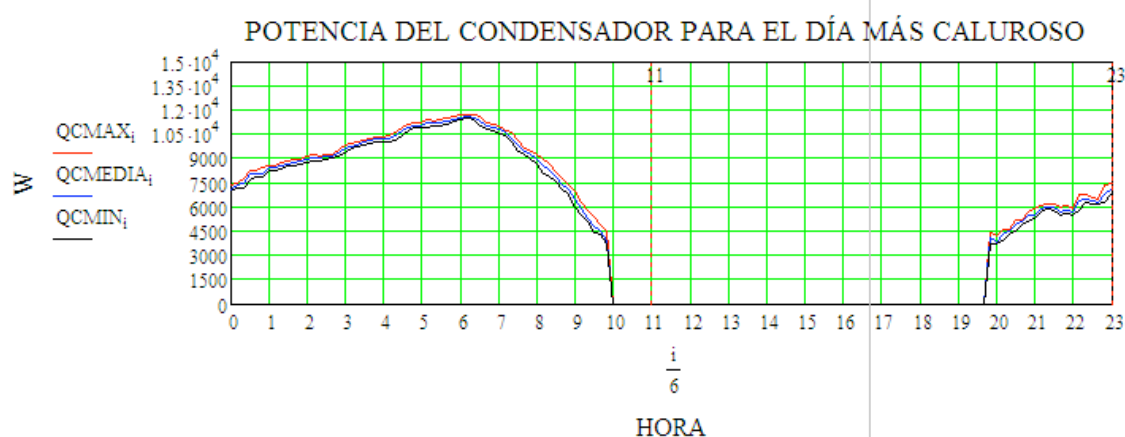


Figura 56. *Evolución de la potencia del condensador para el día más caluroso.*

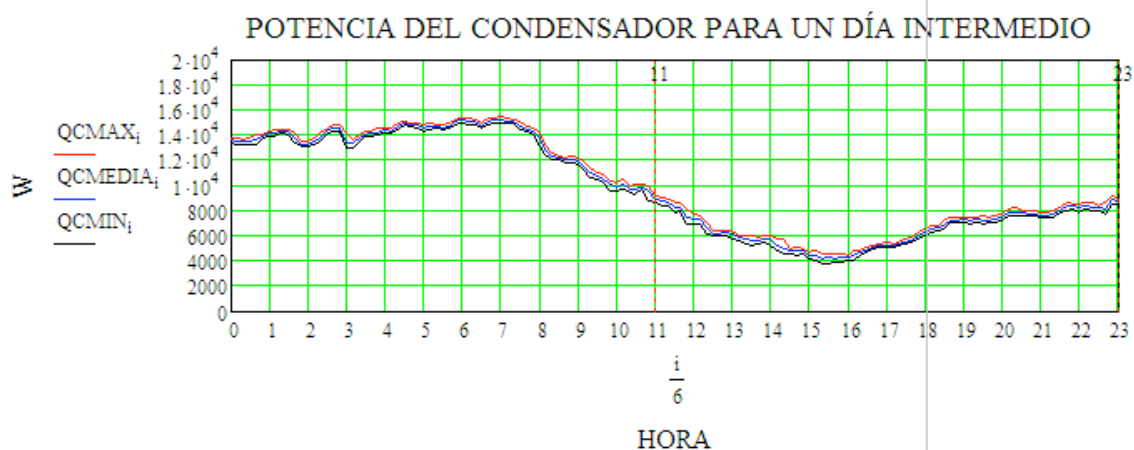


Figura 57. *Evolución de la potencia del condensador para un día intermedio.*

- **COEFICIENTE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (COP).**

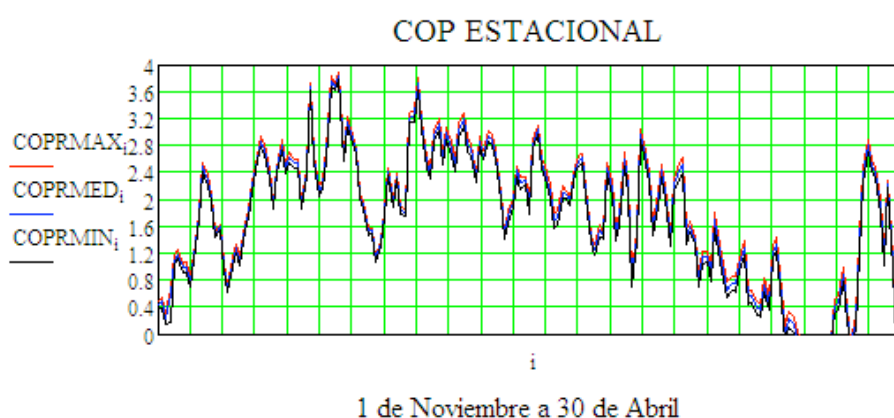


Figura 58. **Evolución estacional del COP.**

Para el día más frío, el 3 de Enero el valor del COP es de 3,715. El valor máximo se alcanza el día 44 del periodo de calefacción que corresponde con el día 15 de Diciembre, para ese día el valor del COP es de 3,823.

El valor mínimo es el correspondiente al día más caluroso (10 de Abril) y el valor medio del COP es prácticamente nulo.

Para un día intermedio como el 24 de Febrero el COP es 1,46 .

En la siguientes gráficas se puede ver la evolución del COP a lo largo de esos días.

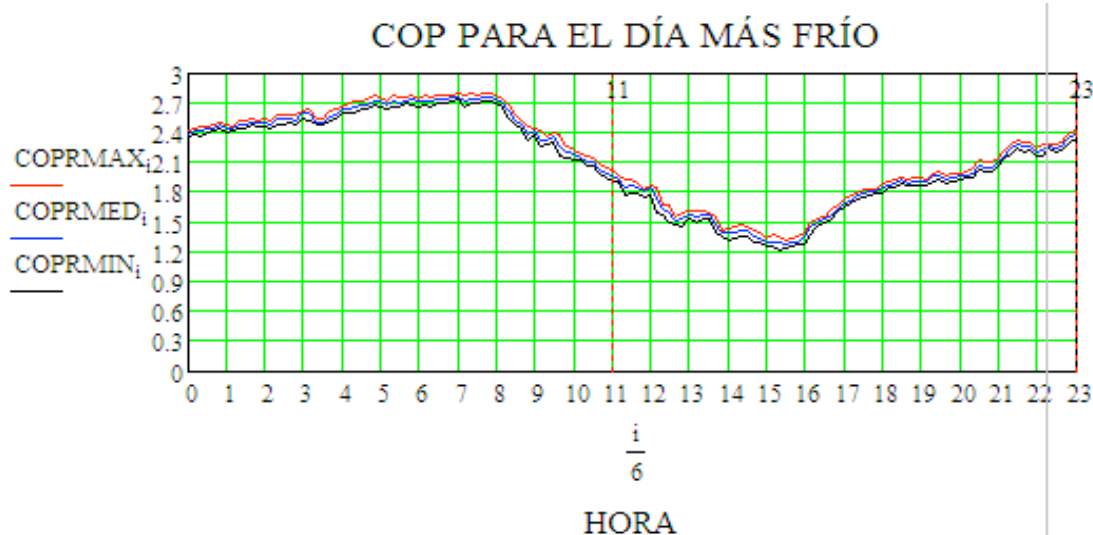


Figura 59. **Evolución del COP para el día más frío.**

Se observa como en las primeras horas de la mañana y en las últimas del día es cuando el COP es mayor.



Figura 60. **Evolución del COP para el 15 de Diciembre.**

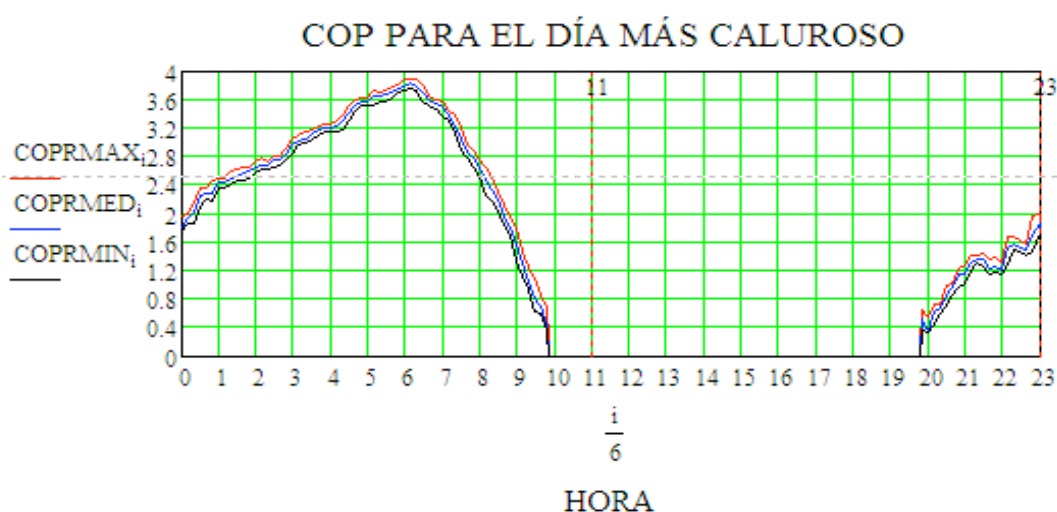


Figura 61. **Evolución del COP para el día más caluroso.**

En el día más caluroso hay una franja horaria donde el COP es cero.

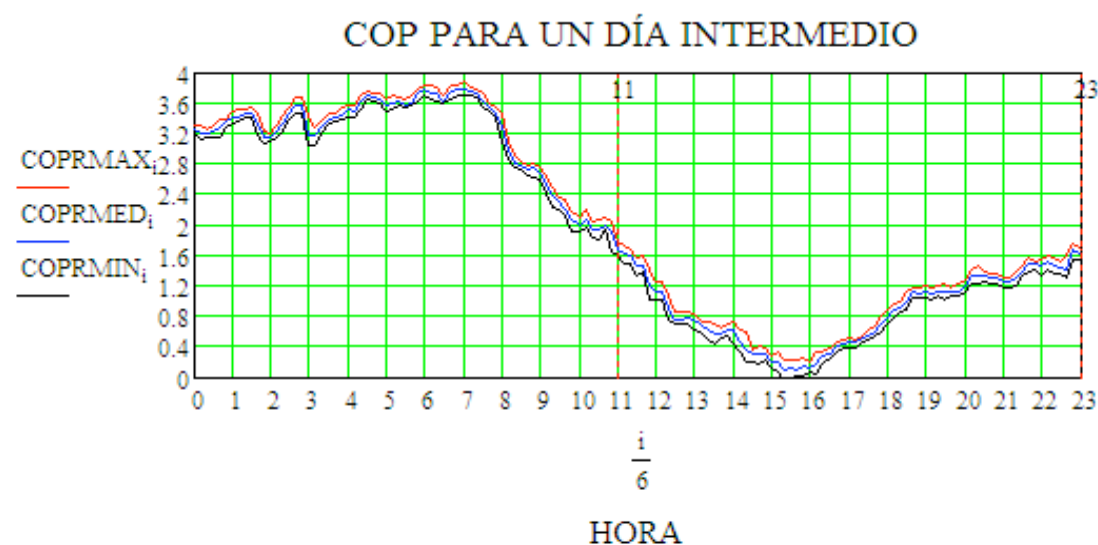


Figura 62. **Evolución del COP para un día intermedio.**

Aquí el COP es máximo en las primeras horas de la mañana y va disminuyendo hasta alcanzar el valor mínimo a las 15:00 horas.

5.4. ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL

Para realizar una estimación del impacto ambiental se tendrán en cuenta las emisiones que se generarán por el consumo de electricidad (emisiones indirectas) y los efectos medioambientales de ambos refrigerantes (emisiones directas).

A continuación se van a enumerar los distintos gases emitidos que son peligrosos tanto para las personas como para el medio ambiente.

- **Dióxido de Carbono.**

Este gas es inocuo y esencial para la vida pero su aumento excesivo hace que se haya vuelto peligroso ya que es uno de los principales causantes del Efecto Invernadero.

- **Monóxido de Carbono.**

Este gas es incoloro e inodoro, hallándose en la atmósfera en concentraciones lo suficientemente bajas para que no manifieste su fuerte carácter tóxico. En cambio en locales mal ventilados o en fuertes aglomeraciones de máquinas térmicas en las que ocurre la combustión, su efecto puede ser mortal para las personas, sobre todo si la combustión ocurre con defecto de aire.

Dicho gas neutraliza una parte de la hemoglobina de la sangre formando un compuesto estable, la carboxihemoglobina. Este compuesto no está dotado para el transporte de oxígeno, cuya falta termina en muchas ocasiones en lesiones fatales.

- **Óxidos de Nitrógeno**

Los óxidos de nitrógeno que se consideran actualmente como contaminantes atmosféricos, son el monóxido (NO) y el dióxido (NO₂), mientras que el resto, no se consideran contaminantes en sí mismos.

La conversión de NO en NO₂ en la atmósfera ocurre por la intervención de la luz solar y es muy rápida: un 50% en unas 10 horas. Por este motivo se suele evaluar la contaminación usando el contenido de ambas especies, denominándose este NO_x.

El monóxido es un gas incoloro que es tóxico únicamente en altas concentraciones, considerándose cinco veces menos tóxico que el dióxido.

Indirectamente el NO₂ es el responsable de la aparición de la lluvia ácida al reaccionar con el agua para formar el ácido nítrico (HNO₃) que resulta un ácido fuerte corrosivo.

Los óxidos de nitrógeno en combinación con los hidrocarburos forman el nebluno (smog) al reaccionar en presencia de la luz solar. Esta combinación es precursora del ozono troposférico, elemento fundamental en la química atmosférica y que no posee fuente directa, sino que es formado por inducción de la radiación solar.

- **Óxidos de azufre (SO_x)**

El dióxido y trióxido de azufre (SO_2 y SO_3) son los gases contaminantes más frecuentes en la atmósfera. Proceden fundamentalmente de la industria química y de la combustión, aunque las fuentes naturales son comparables en cuanto a emisión. En la naturaleza los volcanes son fuentes importantes de dióxido de azufre, que se ven complementadas con los océanos, por los sulfatos contenidos en el agua marina al ser atomizada y por las zonas pantanosas con materia orgánica en descomposición en situación anaeróbica. El ácido sulfhídrico (SH_2) es un contaminante significativo en algunas zonas y que se convierte en dióxido en pocas horas por la participación del ozono troposférico.

El azufre atmosférico se elimina por deposición seca de los sulfatos, por las precipitaciones y por absorción vegetal. Estos mecanismos son bastante eficaces por lo que su efecto global no es alarmante para el medioambiente.

Los compuestos de azufre en la atmósfera son responsables del aumento en la corrosión metálica, debida a la formación de ácido sulfúrico o sulfuroso en las gotas o sobre el metal, en ambiente húmedo y con temperaturas ambientales cálidas.

El crecimiento de las emisiones de SO_2 es responsables junto con el aumento de los óxidos de nitrógeno de la lluvia ácida, al formarse ácido sulfúrico y nítrico, aparte de sulfitos y nitratos.

La precipitación de la lluvia ácida se basa en la acidificación que origina en las fuentes de agua naturales, lo que afecta a la fauna y a la vegetación de la zona. También se produce una lixiviación de los suelos, lo que empobrece su capacidad nutriente.

5.4.1. Emisiones indirectas. Consumo de electricidad.

Para el estudio de las emisiones producidas por el consumo de electricidad, para ello se trabajará con unos ratios medios de emisiones por kW eléctrico:

CONTAMINANTE	Kg/kWh _e
CO_2	0.411
CO	$1.25 \cdot 10^{-3}$
NO_x	$2.77 \cdot 10^{-4}$
SO_x	$1.13 \cdot 10^{-2}$

Tabla 68. **Valores de emisiones de contaminantes asociados a los distintos combustibles fósiles asociados al consumo de electricidad.**

Ahora se realizará el estudio de las emisiones producidas por el consumo de electricidad de la bomba de calor que funciona con el R-22 y de la que funciona con el R-422D.

REFIGERANTE R-22

A continuación se mostrarán las emisiones de contaminantes asociadas al compresor de la bomba de calor que funciona con el refrigerante R-22 y a los grupos circuladores. (Consumo eléctrico anual en kWh)

- Consumo eléctrico anual de los grupos circuladores:

$$W_{BOMBAS} = (0.28 + 0.31)kW \cdot 12h / día \cdot 181días / año = 1281.48kWh / año$$

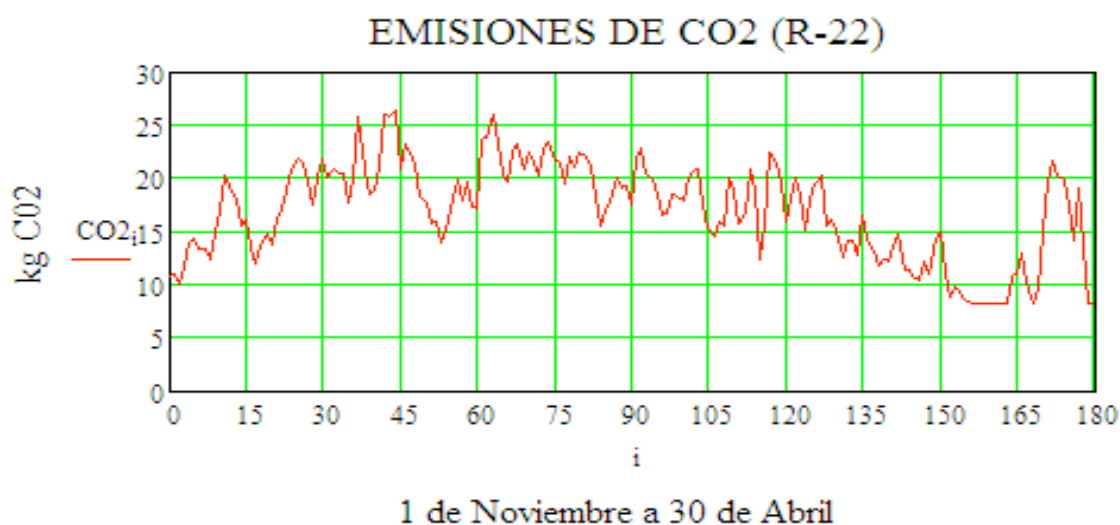


Figura 63. **Emisiones de CO₂ para el R-22.**

Se producen un total de **3.055 kg CO₂**.

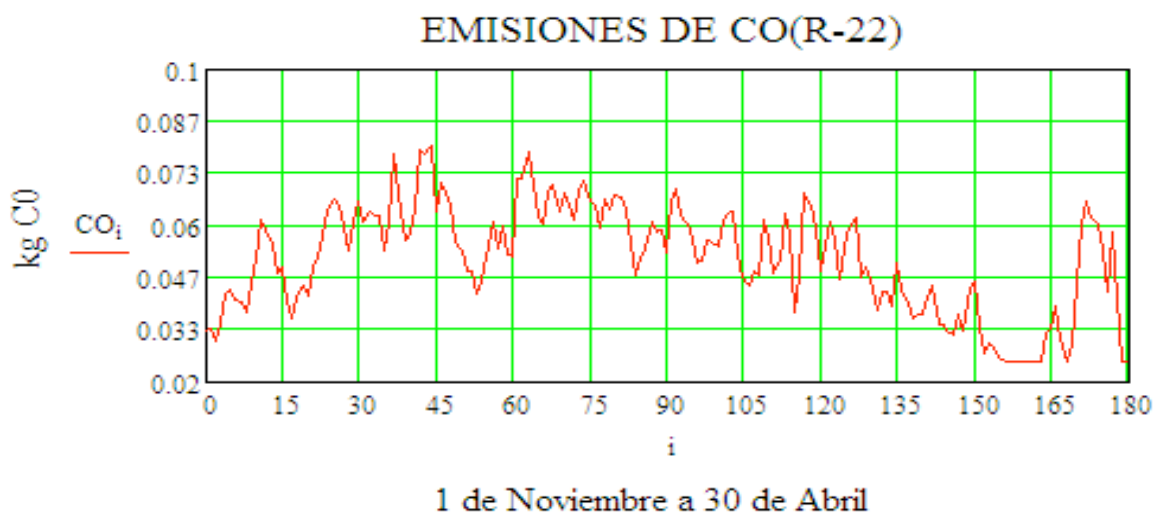
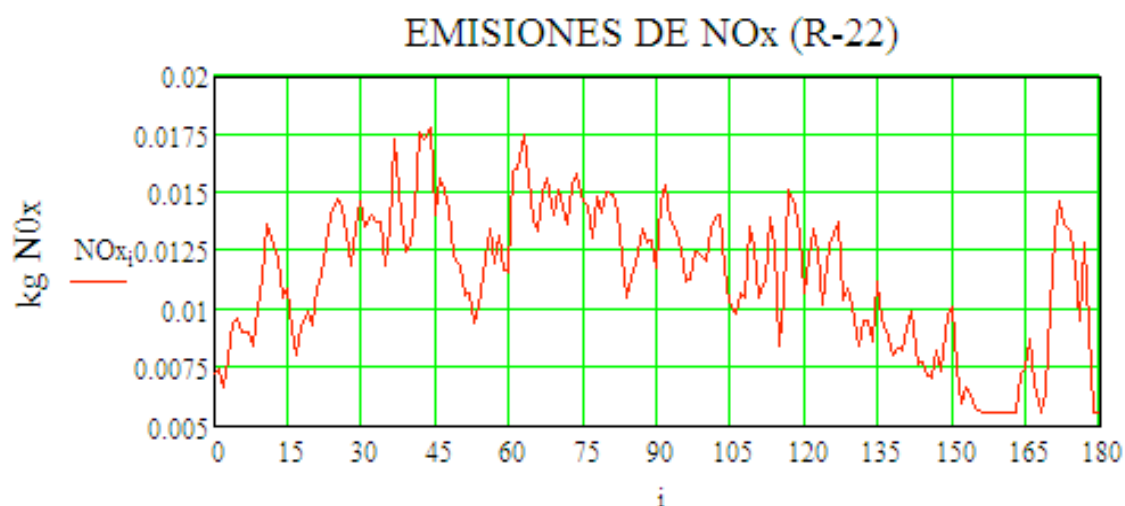


Figura 64. **Emisiones de CO para el R-22.**

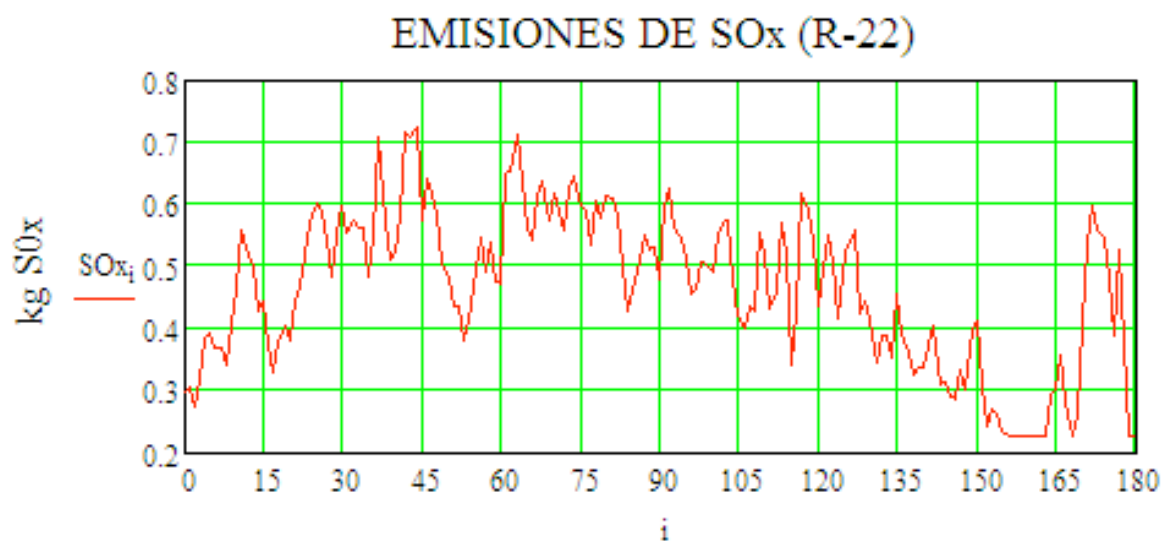
Se producen al año **9,291 kg de CO**.



1 de Noviembre a 30 de Abril

Figura 65. **Emisiones de NO_x para el R-22**

Se producen al año 2,059 kg de Nox.



1 de Noviembre a 30 de Abril

Figura 66. **Emisiones de SO_x para el R-22.**

Se producen al año 83,99 kg de SOx.

REFIGERANTE R-422D

A continuación se mostrarán las emisiones de contaminantes asociadas al compresor de la bomba de calor que funciona con el refrigerante R-422D y a los grupos circuladores. (Consumo eléctrico anual en kWh)

- Consumo eléctrico anual de los grupos circuladores:

$$W_{BOMBAS} = (0.28 + 0.31)kW \cdot 12h / día \cdot 181días / año = 1281.48kWh / año .$$

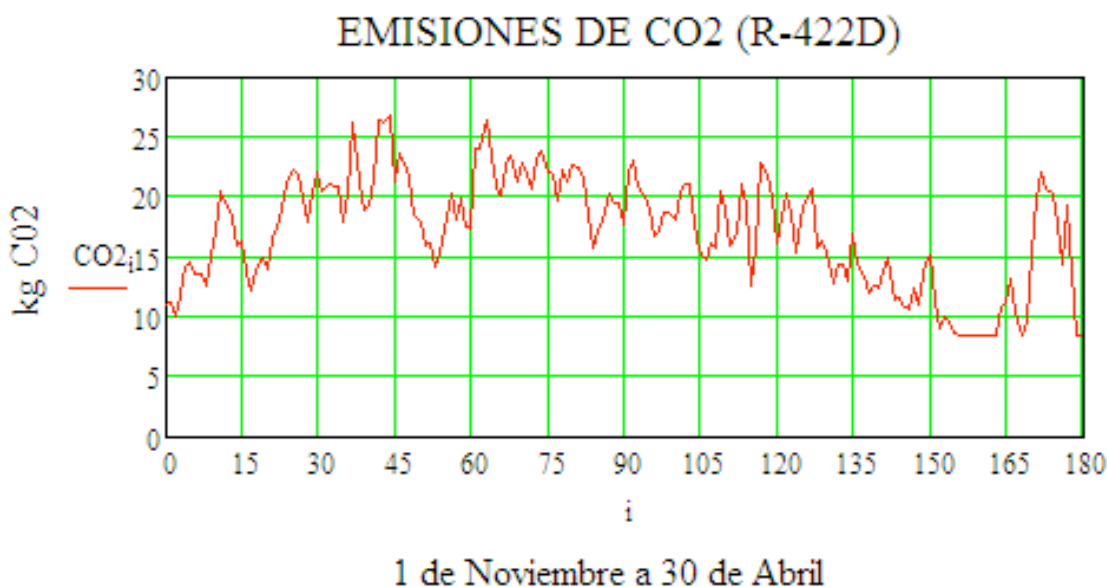


Figura 67. **Emisiones de CO₂ para el R-422D.**

Se producen un total de 3.098. kg de CO₂.

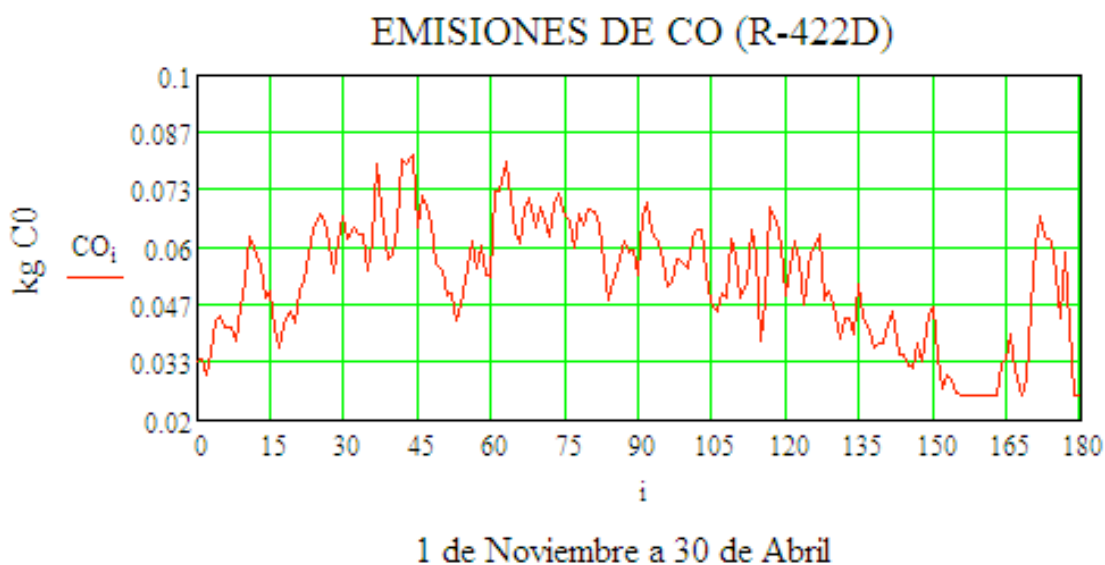


Figura 68. **Emisiones de CO para el R-422D.**

Se producen al año 9,422 kg de CO.

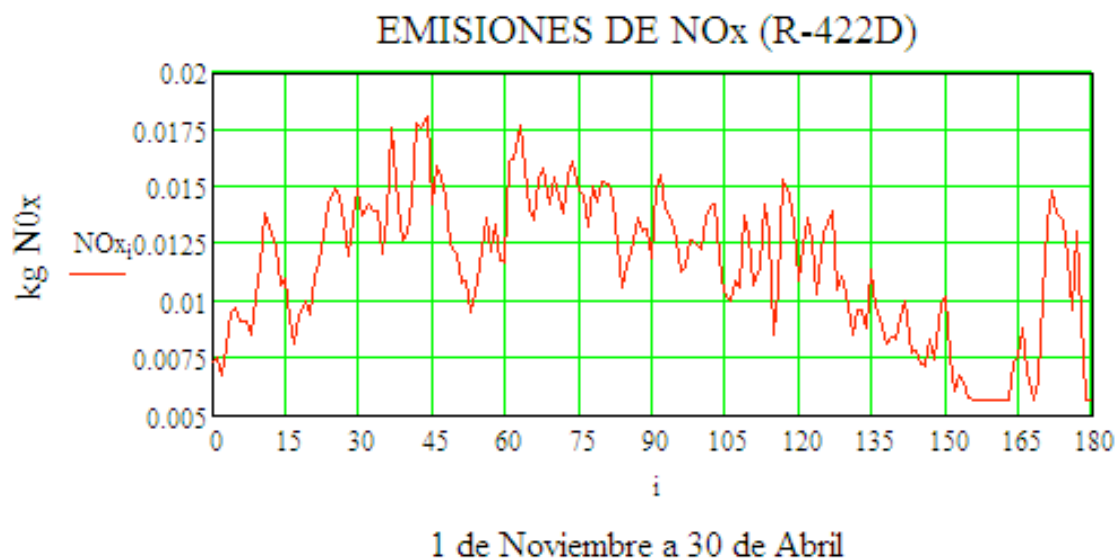


Figura 69. **Emisiones de NO_x.**

Se producen al año 2,088 kg de NO_x.

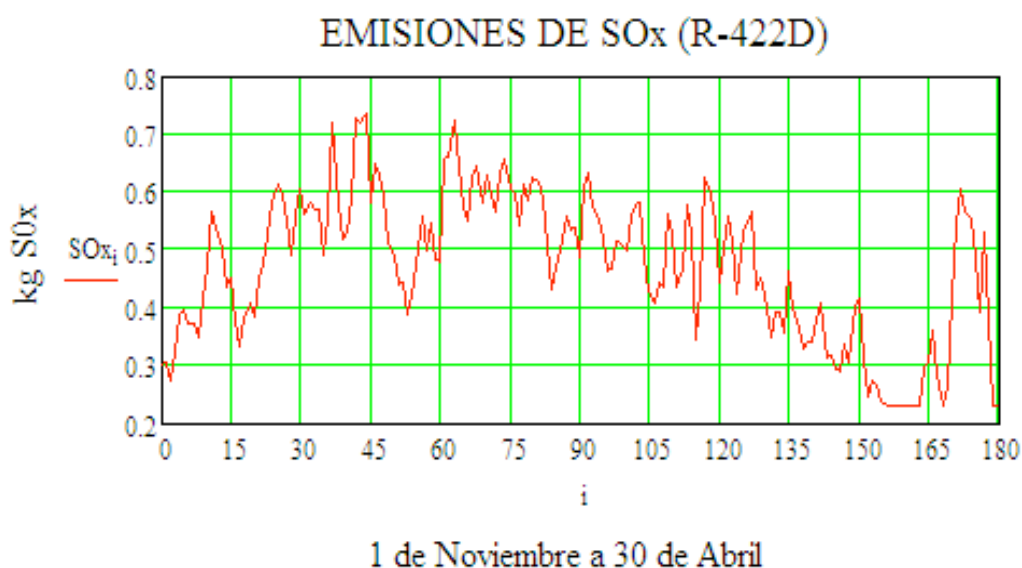


Figura 70. **Emisiones de SO_x.**

Se producen al año 85,178 kg de SO_x-

Los valores de emisiones obtenidos debidos al consumo de electricidad pueden parecer altos. Esto se debe a los siguientes factores:

- Se ha considerado un horario de funcionamiento de la instalación de 12 horas diarias. Este ha sido el horario de funcionamiento tanto para la bomba de calor como para las bombas circuladoras.

En realidad durante todo ese tiempo la bomba de calor no está funcionando, ya que la instalación dispone de un vaso de inercia. Este depósito de inercia evita continuos arranques de la bomba de calor, por tanto reduciendo el consumo eléctrico.

Además hay que tener en cuenta que el volumen del depósito de inercia es de 370 litros y el de la instalación es 180 litros, lo cual hace que el depósito de inercia pueda satisfacer las necesidades térmicas holgadamente.

- La instalación como se verá más detalladamente en el siguiente capítulo es a caudal variable, para conseguir ajustar mejor el consumo a las necesidades térmicas. Para ello las bombas disponen de un variador de frecuencia, únicamente se conoce el punto de trabajo de las bombas a pleno caudal y por ello no es conocido la potencia consumida para un caudal menor, lo cual hace que el consumo eléctrico y las emisiones estén muy mayoradas.
- En resumen, se puede decir que los valores de las emisiones obtenidos en la simulación están muy por encima de los valores reales.

5.4.2. Emisiones directas. Refrigerantes.

Las emisiones directas son las asociadas a las fugas y emisiones de estos refrigerantes a la atmósfera.

En la siguiente tabla se resumen el poder destructor de la capa de ozono y el potencial global de calentamiento:

<p style="text-align: center;">Tabla 2 Propiedades Físicas de DuPont™ ISCEON® MO29</p>			
Propiedad Física	Unidad	ISCEON® MO29	R22
Punto de Ebullición (1 atm.)	°C	-43	-41
Presión del Vapor a 25°C	kPa absoluta	1130	1041
Densidad del Líquido a 25°C	kg/m³	1144	1193
Densidad de Vapor Saturado a 25°C	kg/m³	59.3	44.9
Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono	CFC11 = 1,0	0	0.05
Potencial de Calentamiento Global	CO ₂ = 1	2230	1700

Tabla 69. **Potencial de agotamiento de la capa de ozono y potencial de calentamiento global. Fuente: DuPont.**

Como ya se observo anteriormente el refrigerante R-422D, al no contener cloro no destruye la capa de ozono como el R-22.

En cuanto al potencial de calentamiento global del R-422D es bastante mayor en el R-422D.

Para calcular el potencial de efecto invernadero directo se utiliza la siguiente fórmula.

$$DIRECT_EMISSION = GWP \cdot m \cdot x \cdot \tau$$

Siendo

GWP = Potencial de calentamiento global (Global Warming Potential)

m = Carga de refrigerante en el sistema

x = Porcentaje de fugas por año

τ = Tiempo en años.

En la siguiente tabla se encuentra la carga del refrigerante para la bomba de calor seleccionada:

50RHE		006	009	012	015	019	024	030	036	042	048	060
Capacidad de refrigeración*	kW	1,5	2,1	2,5	3,9	4,9	5,7	6,4	8,0	9,9	11,4	13,7
COP de refrigeración	W/W	3,3	4,0	3,1	4,6	3,3	3,4	3,3	3,3	3,7	3,6	3,4
Capacidad de calefacción**	kW	1,8	2,4	3,4	3,8	6,1	7,0	7,9	10,6	11,3	14,3	16,8
COP de calefacción	W/W	3,9	4,2	3,7	4,7	4,0	4,0	4,0	4,0	4,4	4,1	4,3
Caída de presión	kPa	6,8	9,9	34,3	27,0	19,1	23,7	13,9	12,2	16,3	22,3	32,5
Caudal de líquido	l/s	0,07	0,11	0,15	0,16	0,22	0,28	0,35	0,43	0,50	0,57	0,71
Compresor		Uno ... rotativo					Uno ... alternativo					Uno ... scroll
Carga de refrigerante R-22	kg	0,34	0,37	0,37	0,68	0,88	0,91	1,19	1,36	1,19	1,59	2,41
Motor del ventilador		tipo PSC, 3 velocidades										
Potencia absorbida por el motor del ventilador	W	30	75	75	124	150	250	373	560	560	560	746
Tamaño de la rueda (profundidad x anchura)	mm	127 x 127	127 x 127	152 x 127	152 x 127	152 x 127	152 x 127	152 x 127	254 x 254	254 x 254	254 x 254	279 x 254
Caudal de aire	l/s	81	113	140	212	264	307	349	437	530	630	790
Tamaño de la conexión de agua (FPT, tubo de rosca hembra)	pulg.	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	1	1	1
Intercambiador de calor de aire horizontal												
Dimensiones (altura x anchura)	mm	254 x 406	254 x 406	254 x 406	406 x 406	406 x 406	406 x 406	457 x 559	457 x 559	457 x 787	457 x 787	508 x 889
Área frontal total	m²	0,103	0,103	0,103	0,165	0,165	0,165	0,255	0,255	0,360	0,360	0,452
Tamaño de los tubos	mm	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5
Separación entre aletas	mm	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,7
Número de filas		2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4
Filtro		Desechable de 25 mm										
Cantidad - tamaño	mm	1 - 254 x 508			1 - 406 x 508			1 - 457 x 610		2 - 457 x 457		1 - 305 x 508 1 - 635 x 508
Peso en orden de funcionamiento	kg	50,0	50,9	55,0	66,8	76,8	87,7	99,5	104,1	116,8	121,4	146,8
Peso embalado	kg	54,5	55,5	59,5	71,4	81,4	92,3	105,0	109,5	122,3	126,8	153,6

Tabla 70. **Carga de refrigerante para la bomba de calor.**

Se va a considerar un porcentaje de fugas de refrigerante igual al 10%.

Luego las emisiones directas de los refrigerantes R-22 y R-422D son:

$$DIRECT_EMISSION_{R-22} = 270 kgCO_2$$

$$DIRECT_EMISSION_{R-422D} = 354.57 kgCO_2$$

Estas emisiones junto con las producidas por el consumo de electricidad componen el equivalente total de efecto invernadero (TEWI: Total Equivalent Warming Impact)

$$TEWI_{R-22} = 3055 + 270 = 3325 kgCO_2$$

$$TEWI_{R-22} = 3098 + 355 = 3453 kgCO_2$$

5.4.3. Comparación entre las emisiones de los dos refrigerantes.

A continuación se compararán las emisiones de ambos refrigerantes.

	CO ₂	CO	NO _x	SO _x
Emisiones indirectas BC R-22	3055	9,291	2,059	83,99
Emisiones indirectas BC R-422 D	3098	9,422	2,088	85,178
Emisiones directas R-22	270			
Emisiones directas R-422 D	354,57			

Tabla 71. Emisiones directas e indirectas de ambos refrigerantes.

En la tabla anterior se ha representado las emisiones indirectas; producidas por el consumo de electricidad del compresor y de las bombas circuladotas, y las emisiones directas asociadas al uso de los refrigerantes. Como puede observarse las emisiones asociadas al consumo de electricidad son mayores que las asociadas al uso del refrigerante.

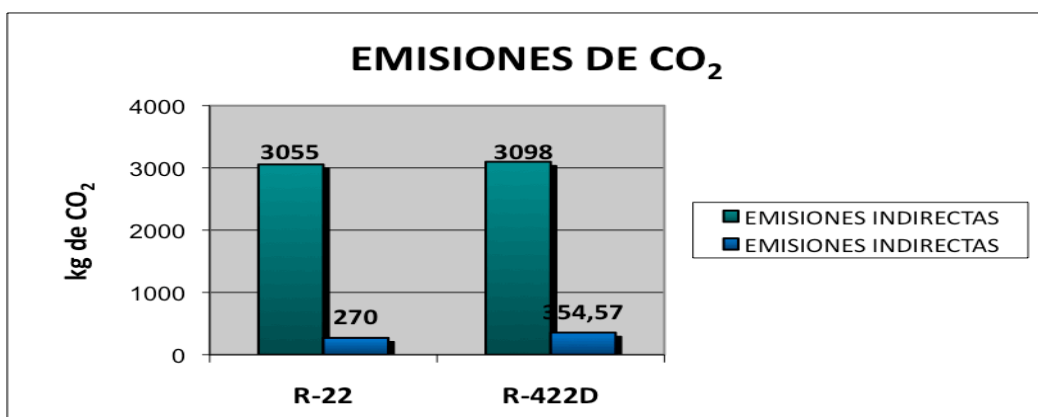


Figura 71. Emisiones de CO₂ para los dos refrigerantes.

- Las emisiones indirectas de CO₂ para el R-422D son un 1,4% superiores a las del R-22.
- Las emisiones directas de CO₂ para el R-422D son un 31,3% superiores a las del R-22.
- Las emisiones totales de CO₂ para el R-422D son un 3,8% superiores a las del R-22.

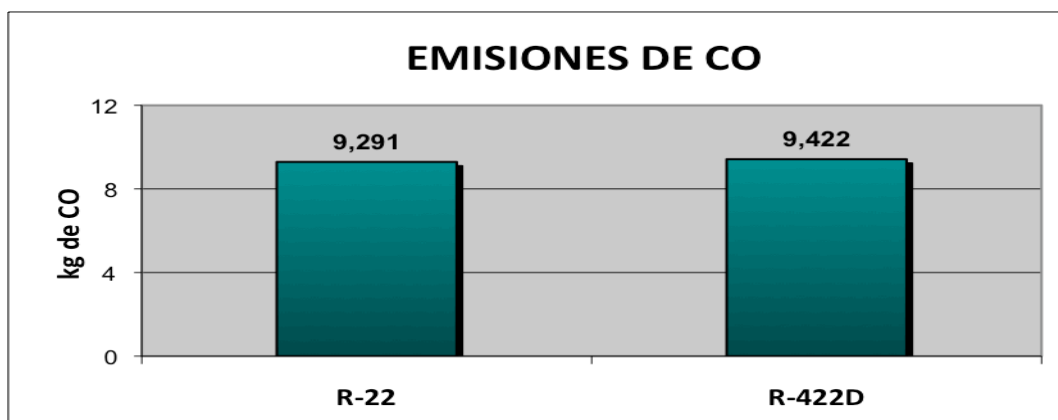


Figura 72. Emisiones de CO para los dos refrigerantes.

- Las emisiones totales de CO para el R-422D son un 1,4% superiores a las del R-22.

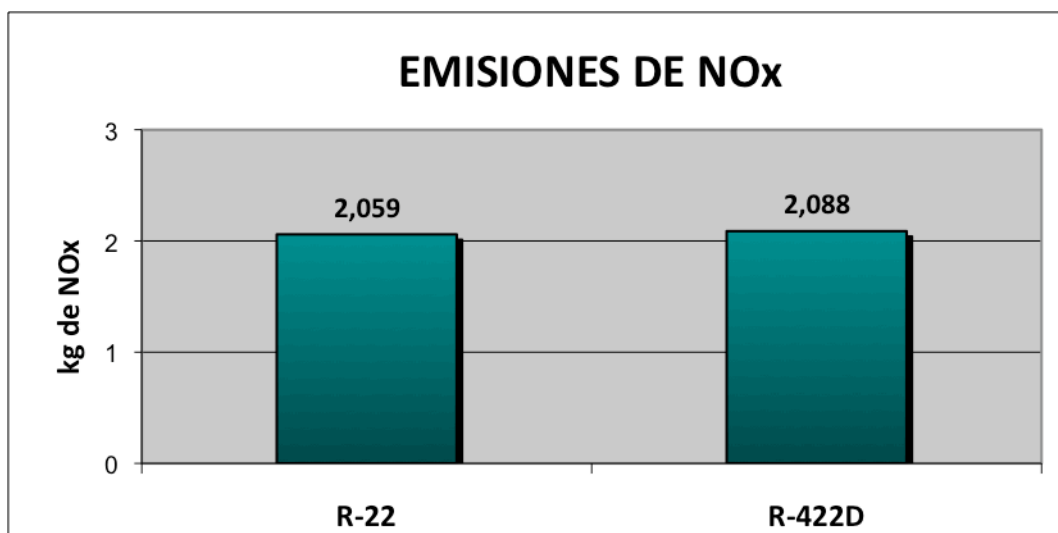


Figura 73. *Emisiones de NO_x para los dos refrigerantes.*

- Las emisiones totales de NO_x para el R-422D son un 1,4% superiores a las del R-22.

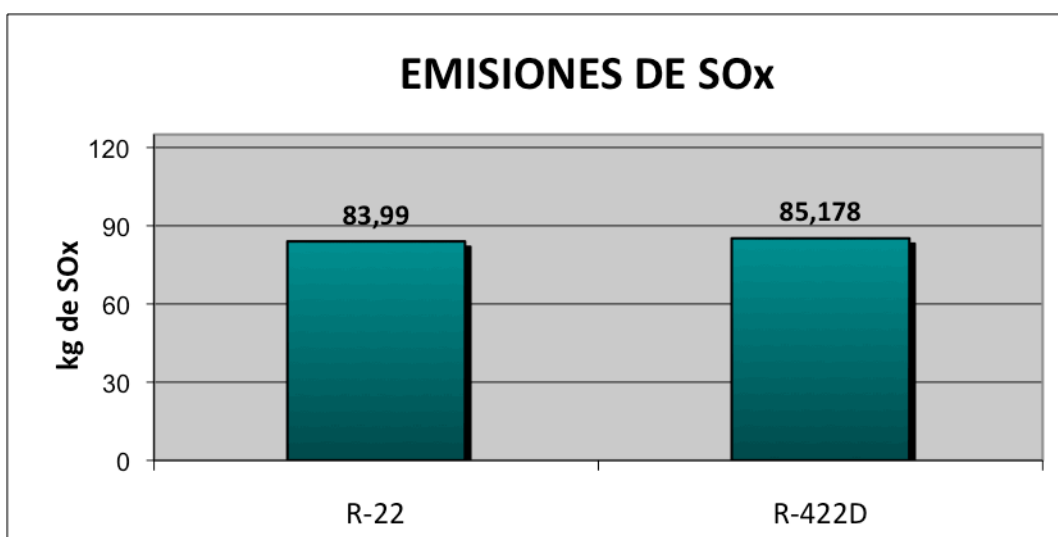


Figura 74. *Emisiones de SO_x para los dos refrigerantes.*

- Las emisiones totales de SO_x para el R-422D son un 1,4% superiores a las del R-22.

6. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN, CONFIGURACIÓN Y EQUIPOS.

6.1. UNIDADES TERMINALES

6.1.1. Fancoils.

Los fancoils que se van a instalar en la vivienda son de la marca Systemair (Koolclima-Systemair). Como la instalación está planteada únicamente para su uso de calefacción, los fancoils y el circuito hidráulico se realizará a dos tubos (uno de impulsión y otro de retorno).

Se elegirán fancoils de techo y la elección del modelo se hará de acuerdo a las necesidades energéticas de cada sala. En la siguiente tabla pueden verse los modelos de los fancoils que se instalarán en cada sala:

Tabla de Fancoils		
Sala	Carga térmica máxima	Unidad climatizadora
Dormitorio 1	1093	FC 22 (1375 W)
Dormitorio 2	1107	FC 22 (1375 W)
Dormitorio 3	915	FC 12 (1090 W)
Cocina	592	FC 12 (1090 W)
Recibidor	1312	FC 22 (1375 W)
Salón	4695	FC 52 (2579 W) x 2
Cuarto de Plancha	530	FC 12 (1090 W)
Dormitorio 4	773	FC 12 (1090 W)
Dormitorio 5	1012	FC 12 (1090 W)
Dormitorio 6	1015	FC 12 (1090 W)
Dormitorio 7	1141	FC 22 (1375 W)

Tabla 72. ***Selección de Fancoils para cada sala.***

En el Anejo II se adjuntan las hojas de características técnicas, proporcionadas por el fabricante, de los fancoils seleccionados.

En el salón ha resultado imposible seleccionar un único fancoil, ya que el único modelo con capacidad calorífica suficiente presenta un nivel sonoro superior a los 40 dB(A), por tanto se opta por poner dos unidades terminales capaces de alcanzar las necesidades térmicas con un nivel sonoro inferior.

A partir de la potencia se puede calcular el caudal de agua para la batería de calor, que será utilizado para el dimensionado de la red de tuberías, usando la expresión:

$$P = Q \times C_p \times \Delta T$$

$$C_p = \rho_{\text{agua}} \cdot c_{e_{\text{agua}}}$$

Siendo

P: la potencia en kcal/h

Q : el caudal en l/h.

C_p para el agua vale 1 kcal/l·h.

ΔT es el salto térmico entre la temperatura de entrada y la temperatura de salida en las unidades terminales.

MODELO	CAUDAL DE AGUA (l/h)
FC - 12	187
FC - 22	236
FC - 52	444

Tabla 73. **Caudal de agua para cada modelo de Fancoil utilizado.**

Se ha calculado para una temperatura de entrada del agua de 50°C y una temperatura de salida de 45°C, por tanto el salto térmico es de 5°C. Con esto ya se puede comenzar a realizar el cálculo de tuberías.

6.1.2. Toalleros.

Para los aseos se ha optado por seleccionar toalleros de la marca BaxiRoca. Estos radiadores específicos para cuartos de baño está fabricados con acero tubular.



Figura 75. **Toalleros marca BaxiRoca.**

A continuación se puede ver la tabla de características técnicas de estos toalleros proporcionadas por el fabricante:

Dimensiones y Características Técnicas

Modelos	Alto total A (mm)	Ancho total B (mm)	Ancho entre ejes C (mm)	Separación orificio conex. pared D (mm)	Capacidad agua l	Peso aprox. kg	Emisión calorífica en Kcal/h		Exponente "n" de la curva característica
							(1)	(2)	
CL 50-800	760	500	450	64 ± 6	5,2	8,0	437	323	1,239
CL 50-1200	1.190	500	450	64 ± 6	7,9	12,3	613	512	1,248
CL 50-1800	1.800	500	450	64 ± 6	12,0	18,7	1.099	780	1,259
CL 50-800 CR	800	500	450	75 ± 11	5,2	8,0	437	245	1,224
CL 50-1200 CR	1.195	500	450	75 ± 11	7,9	12,3	613	337	1,261
CL 50-1800 CR	1.780	500	450	75 ± 11	12,0	18,7	1.099	524	1,286

(1) = Emisión calorífica en Kcal/h según UNE 9-015-86 para $\Delta t = 60^\circ\text{C}$ (A título informativo)

(2) = Emisión calorífica en Kcal/h según UNE EN-442 para $\Delta t = 50^\circ\text{C}$

$\Delta t = (T_{\text{media radiador}} - T_{\text{ambiente}})$ en $^\circ\text{C}$

Exponente "n" de la curva característica según UNE EN-442

Tabla 74. **Características técnicas de los toalleros.**

Como se puede observar el salto térmico con el que están calculados estos toalleros no coincide con nuestro salto térmico, por lo que habrá que efectuar una corrección de potencia.

La temperatura media de los toalleros es igual a la semisuma de las temperaturas de entrada y salida:

$$T_m = \frac{50^\circ\text{C} + 45^\circ\text{C}}{2} = 47.5^\circ\text{C}$$

Por tanto el salto térmico sera:

$$\Delta t = T_m - T_a = 47.5 - 21 = 26.5^\circ\text{C}$$

Siendo T_a la temperatura ambiente, para este caso igual a 21°C .

La potencia que el toallero puede aportar se calculan con:

$$q_1 = q_0 \cdot \left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_0} \right)^n$$

Siendo:

q_1 : potencia aportada por el toallero para un salto térmico Δt_1

q_0 : potencia aportada por el toallero para un salto térmico Δt_0

n : exponente de la curva característica.

Teniendo en cuenta que las necesidades energéticas de los aseos son:

Aseo No.	Carga Térmica máxima (W)
Aseo 1	424
Aseo 2	342
Aseo 3	165
Aseo 4	367
Aseo 5	327
Aseo 6	377

Tabla 75. **Carga térmica para cada aseo.**

En la siguiente tabla se va a calcular la potencia suministrada por cada modelo de toallero:

Toallero	Potencia (W)	Caudal de agua (l/h)
CL 50 - 800	184,61	31,75
CL 50 - 1200	257,06	44,21
CL 50 - 1800	456,74	78,56
CL 50 - 800 CR	186,89	32,14
CL 50 - 1200 CR	254,35	43,75
CL 50 - 1800 CR	446,78	76,85

Tabla 76. **Potencia y caudal de cada toallero.**

Luego la asignación de cada toallero es:

Aseo No.	Toallero
Aseo 1	CL 50 - 1800 CR
Aseo 2	CL 50 - 1800 CR
Aseo 3	CL 50 - 800
Aseo 4	CL 50 - 1800 CR
Aseo 5	CL 50 - 1800 CR
Aseo 6	CL 50 - 1800 CR

Tabla 77. **Asignación de los toalleros cada aseo.**

6.2. CIRCUITO HIDRÁULICO

Desde la bomba de calor se ha dispuesto un único circuito que da servicio tanto a los fancoils como a los toalleros. La distribución de agua se realizará con tubería de acero negro con uniones soldadas principalmente, aisladas térmicamente con espuma armaflex SH con los espesores que marca el RITE.

La instalación se ha hecho a caudal variable (permite variar el caudal que entra en cada unidad terminal según las necesidades térmicas), ya que frente a las instalaciones a caudal constante permite ahorrar energía. La bomba requerida para este tipo de instalación tendrá un variador de velocidad. Habrá que garantizar que siempre se bombee un caudal mínimo del 20% del caudal total de la instalación, para garantizar el correcto funcionamiento la bomba.

El circuito sufre un salto térmico de 5°C; el agua entra en las unidades terminales a 50°C y retorna hacia la bomba de calor a 45°C. Las tuberías deberán disponer de aislamiento con espuma elastomérica

Estas tuberías dispondrán de aislamiento con espuma elastomérica, no inflamable, para sistemas de calefacción tipo armaflex SH. En cuanto a los espesores, se instalarán los que establece el **RITE** en su apartado IT 1.2.4.2 "**Redes de tuberías y conductos**", en las tablas siguientes:

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	>60...100	>100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Tabla 78. **Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transporten fluidos calientes que discurren por el interior de edificios.**

Aunque toda la tubería de la instalación discorra por el interior de la vivienda, el tramo que discurre por la sala técnica se considera exterior por tanto su aislamiento se obtiene de la siguiente tabla:

Diametro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	>60...100	>100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

Tabla 79. **Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transporten fluidos calientes por el exterior de edificios.**

Desde el sótano, que es donde se ubica la bomba de calor, las tuberías abastecerán a las unidades terminales situadas en las dos plantas. Subirán por los patinillos, hasta llegar a cada una de las plantas, e irán ocultas en falsos techos.

Se ha realizado una distribución de tuberías en retorno directo, con válvulas de equilibrado hidráulico de la marca TOUR ANDERSSON a la salida de plantas, en cada uno de los ramales y en cada unidad terminal en las tuberías de retorno además de válvulas de corte en las tuberías de impulsión. Esta solución garantiza un adecuado equilibrado del sistema, con un óptimo reparto de caudales a todas las zonas y plantas, minimizando las futuras tareas de mantenimiento a este respecto y facilitando la realización de cualquier tarea de modificación posterior en los circuitos hidráulicos, caso de requerirse.

El diseño del circuito hidráulico permite su fácil sectorización y la realización de vaciados parciales, para lo que se ha previsto la correspondiente valvulería de corte. Además, en todas las conexiones entre los circuitos verticales que discurren por patinillos y los circuitos de planta se disponen válvulas de seccionamiento tanto en la ida como en el retorno, para poder sectorizar cada planta.

El conjunto dispondrá de un dispositivo de llenado de agua para el llenado de la red y la reposición de pérdidas, y otro dispositivo para el vaciado de la instalación.

Se disponen de juntas de dilatación en las redes de tuberías para evitar la sobrecarga de tensiones y roturas, debido a los cambios de temperatura.

Para el cálculo de las tuberías se han establecido unos niveles máximos de pérdida de carga y velocidad.

- Se ha limitado la pérdida de carga máxima a un nivel constante a lo largo del tubo de 40 mm.c.a./m (1m.c.a.=9.8 kPa), suficiente para no tener unas tuberías demasiado grandes ni por el contrario unas bombas demasiado potentes.
- De igual manera, no se sobrepasará la velocidad de 2 m/s en las tuberías, para evitar ruidos excesivamente elevados.

Las ecuaciones que se usarán serán:

$$Q = v \times \frac{\pi D_e^2}{4}$$

$$Q = 0,2785 \times C \times D_i^{2,63} \times P^{0,54}$$

Donde: **Q** es el caudal (m³/s)

C es el coeficiente de rugosidad del tubo (90 para acero)

D_i es el diámetro interior (m)

P es la pérdida de carga por metro de tubería (m.c.a./m)

El procedimiento de cálculo es el siguiente; una vez fijado el caudal, dado por la unidad terminal, y limitando la velocidad a 2 m/s, se obtiene una sección y una pérdida de carga determinada para la tubería. Al tener que adaptarse a los diámetros comerciales, se selecciona el diámetro comercial siguiente, disminuyendo tanto la velocidad como la pérdida de carga. Procediendo a una segunda iteración se ajusta la pérdida de carga para que no supere el valor máximo establecido (40m.c.a/m).

Todo esto se puede fácilmente implementar en una hoja de cálculo de Microsoft Excell.

La red de tuberías se instalará tal y como viene en los planos de tuberías. El diámetro de las tuberías también será el que se fija en los planos. El caudal considerado es el de máxima potencia de cada fancoil, para asegurar que en caso de que un fancoil requiera la máxima potencia, la tubería será capaz de soportarlo, así como los grupos de presión serán capaces de suministrar dicho caudal.

Para el cálculo de la pérdida de carga se tienen en cuenta:

- Las pérdidas en las tuberías (impulsión y retorno).
- La pérdida en el elemento terminal o de producción (la bomba de calor).
- Las pérdidas que se producen en el interior de las unidades terminales.
- Las pérdidas en elementos como válvulas (de corte, de equilibrado, filtros), codos, tes, etc. Para las pérdidas en estos elementos se empleará la siguiente fórmula.

$$\Delta p = \rho \cdot \left(0,01 \cdot \frac{Q}{K_v} \right)^2$$

Siendo:

Δp = Pérdida de carga del elemento, en kPa

ρ = Densidad del agua

Q = caudal de agua en l/h

Los coeficientes de pérdidas empleados en cada elemento se recogen en la siguiente tabla:

Elemento	Diámetro	Kv
Válvulas de equilibrado	1/2"	4
	3/4"	5.7
	1"	8.7
	1 1/4"	13.9
Válvulas de corte	1/2"	14
	3/4"	14
	1"	8.2
	1 1/4"	8.2
Codos a 90°	1/2"	2
	3/4"	2
	1"	1.5
	1 1/4"	1.5
Tes		0.9

Tabla 80. Coeficiente de pérdidas para cada elemento.

- Un coeficiente de seguridad (del 10%)

A continuación se adjunta el caudal, la longitud, y la pérdida de carga para cada tramo de tuberías. Se muestra la longitud de impulsión y de retorno juntas, ya que se realiza la distribución en retorno directo, para obtener la pérdida de carga:

Tramo n°	Caudal l/h	Longitud m	Diámetro Nominal	$\Delta P/m$ mm.c.a./m	V m/s	$\Delta P_{\text{TUBERÍA}}$ mm.c.a.	$\Delta P_{\text{ACCESORIOS}}$ mm.c.a.	ΔP_{TOTAL} mm.c.a.
1	76,85	10,56	1/2 "	1,8624	0,11	20,65	52,97	73,62
2	187	1,35	1/2 "	9,6501	0,26	13,68	1.259,61	1.273,29
3	263,85	5,52	1/2 "	18,245	0,36	105,75	20,75	126,49
4	236	1,97	1/2 "	14,843	0,33	30,70	1.395,24	1.425,95
5	499,85	1,7	3/4 "	13,796	0,38	24,63	16,12	40,74
6	76,85	3,38	1/2 "	1,8624	0,11	6,61	50,99	57,60
7	187	1,72	1/2 "	9,6501	0,26	17,43	1.259,61	1.277,04
8	187	2,01	1/2 "	9,6501	0,26	20,37	1.259,61	1.279,97
9	374	1,46	1/2 "	34,789	0,52	53,33	29,97	83,30
10	450,85	4,67	3/4 "	11,399	0,34	55,89	23,36	79,26
11	950,7	9,14	1 "	14,748	0,45	141,53	50,37	191,91
12	76,85	5,51	1/2 "	1,8624	0,11	10,77	51,98	62,75
13	1027,55	2,43	1 "	17,028	0,49	43,45	27,08	70,53
14	31,75	4,9	1/2 "	0,363	0,04	1,87	50,17	52,04
15	187	1,71	1/2 "	9,6501	0,26	17,33	1.259,61	1.276,93
16	187	1,55	1/2 "	9,6501	0,26	15,71	1.259,61	1.275,31
17	374	1,86	1/2 "	34,789	0,52	67,94	29,97	97,91
18	405,75	2,16	3/4 "	9,3795	0,31	21,27	10,62	31,89
19	187	4,1	1/2 "	9,6501	0,26	41,54	1.259,61	1.301,15
20	592,75	3,05	3/4 "	18,911	0,45	60,56	22,66	83,22
21	236	1,84	1/2 "	14,843	0,33	28,68	1.263,08	1.291,76
22	828,75	2,42	3/4 "	35,155	0,63	89,33	44,30	133,63
23	1856,3	1,07	1 1/4 "	13,164	0,51	14,79	29,13	43,92
24	76,85	3,59	1/2 "	1,8624	0,11	7,02	51,48	58,50

25	236	2,71	1/2 "	14,843	0,33	42,23	1.395,24	1.437,48
26	312,85	4,39	1/2 "	25,003	0,43	115,25	29,17	144,42
27	236	5,71	1/2 "	14,843	0,33	88,99	1.395,24	1.484,23
28	548,85	4,28	3/4 "	16,402	0,42	73,71	19,43	93,14
29	76,85	3,69	1/2 "	1,8624	0,11	7,22	50,99	58,20
30	625,7	8,72	3/4 "	20,902	0,47	191,37	35,12	226,50
31	2482	3,19	1 1/4 "	22,53	0,68	75,46	52,07	127,54
32	444	12,93	3/4 "	11,08	0,34	150,43	2.946,13	3.096,57
33	444	1,92	3/4 "	11,08	0,34	22,34	2.936,19	2.958,53
34	888	3,26	3/4 "	39,945	0,67	136,73	70,74	207,48
35	3370	27,28	1 1/4 "	39,673	0,92	1.136,39	2.274,90	3.411,30

Tabla 81. **Caudales, longitudes, diámetros, velocidades y pérdidas de carga para cada tramo de tubería.**

Todos estos datos se pueden resumir de la siguiente manera:

Caudal total de agua caliente:	3.370 l/h
ΔP máxima del circuito :	6,715 m.c.a.

La pérdida de carga máxima corresponde a la del camino crítico; es decir se calcula la pérdida de los tramos de tubería hasta llegar a la unidad terminal más desfavorecida, en este caso es el fancoil situado en el comedor. En la tabla siguiente se especifican los tramos que componen en camino crítico, la pérdida en cada uno de ellos y pérdida de carga máxima.

Tramo	ΔP
nº	m.c.a
32	3,096
34	0,207
35	3,411
TOTAL	6,715

Tabla 82. **Camino crítico.**

6.3. GRUPO CIRCULADOR

Para el cálculo del equipos de presión, es necesario conocer el caudal que circula y la pérdida de carga que ha de vencer la bomba.

Para la selección de una bomba se necesita la curva característica proporcionada por el fabricante. En esta misma gráfica, hay que representar la curva de la instalación, siendo el punto de corte de ambas el punto de trabajo. Las bombas se instalarán con **variador de frecuencia** puesto que trabaja a caudal variable.

Se describe a continuación, el caudal y la pérdida de carga del circuito así como el equipo de bombeo seleccionado, siguiendo el siguiente orden:

Q (m ³ /h)	P (m.c.a.)
3,370	6,71

Tabla 83. **Caudal y pérdida de carga para el circuito.**

La bomba seleccionada será doble tipo "bombas gemelas", para asegurar que aunque se estropeará una de las bombas la otra garantizará el funcionamiento de la instalación, pero ambas están montadas en un único conjunto. La marca elegida es Sedical y a continuación se muestra la hoja de características de la bomba.

SEDICAL - HOJA TÉCNICA DE LA BOMBA SADP 40/8 T

Descripción del producto

Bomba de circulación para ACS de rotor seco, con una temperatura máxima de funcionamiento de 80°C, aunque se recomienda no sobrepasar los 60°C por los efectos negativos de la calcificación, salvo en cortos procesos. Bomba para instalaciones de calefacción o climatización, tanto domésticas como industriales, con temperaturas entre -15 y 120°C.

Calidad del agua: Doméstica potable, libre de sustancias abrasivas o no, cristalizadas o mezclas químicas y químicamente neutras.

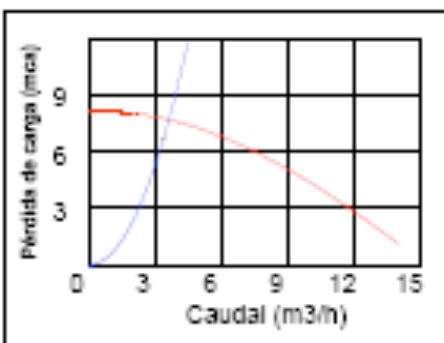
Datos requeridos

Uso	: CALEFACCIÓN
Fluido	: AGUA
Rotor	: SECO
Tipo	: DOBLE
Caudal	: 3.4 m ³ /h
Pérdida de carga	: 6.7 mca
Temperatura de trabajo	: 50.0 °C
Posición	:

Datos obtenidos Bomba

Modelo	: SADP 40/8 T
Rodete	: Ø 90
Caudal	: 3.6 m ³ /h
Pérdida de carga	: 7.7 mca
NPSH requerido	: 2.0 m
Nivel sonoro	: 50 dB(A)
Construcción	: In-line

Gráfica de la bomba

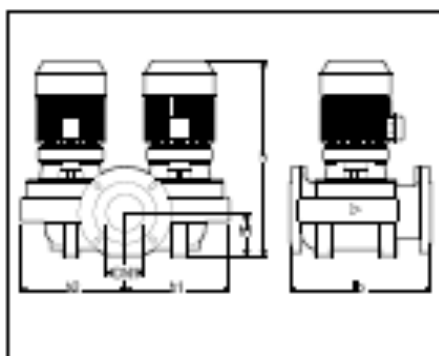


Motor

Velocidad	: 2950 rpm
Potencia Nominal (Pn)	: 0.35 kW
Protección	: IP 44
Clase de aislamiento	: F
Consumo máx. 3x400 V	: 1.0 A
Consumo máx. 3x230 V	: 1.7 A
Potencia del eje (P2)	: 0.21 kW
Potencia consumida (P1)	: 0.28 kW
Rendimiento motor	: 74.00 %
Rendimiento bomba	: 36.37 %
Rendimiento global	: 26.92 %
Variador de frecuencia	: HV 1.05

Los motores monofásicos, de consumo superior a 3 amperios y los motores trifásicos, tienen que ser protegidos exteriormente contra sobrecargas de intensidad, sobretensiones mínimas y caídas de fase.

Dimensiones y pesos



Características técnicas

Cuerpo de la bomba	: Fundición gris
Eje	: Acero inoxidable
Rodete	: Termopolímero B
Cierre mecánico	: Cerámica / Carbono
Juntas	: EPDM
Conexiones	: DN 40
Presión de trabajo	: 10 bar
Temperaturas	: Máx +120°C / Mín -15°C : Máx ACS + 80°C

Lo mm	b1 mm	b2 mm	h mm	h1 mm	PESO kg
250.0	185.0	187.0	377.0	66.0	43.2

P.Tarifa 2008: 5375.00 Euros
Control y sonda Incluidas
Iva no Incluido (v 1/08)

Figura 76. *Hoja técnica de la bomba.*

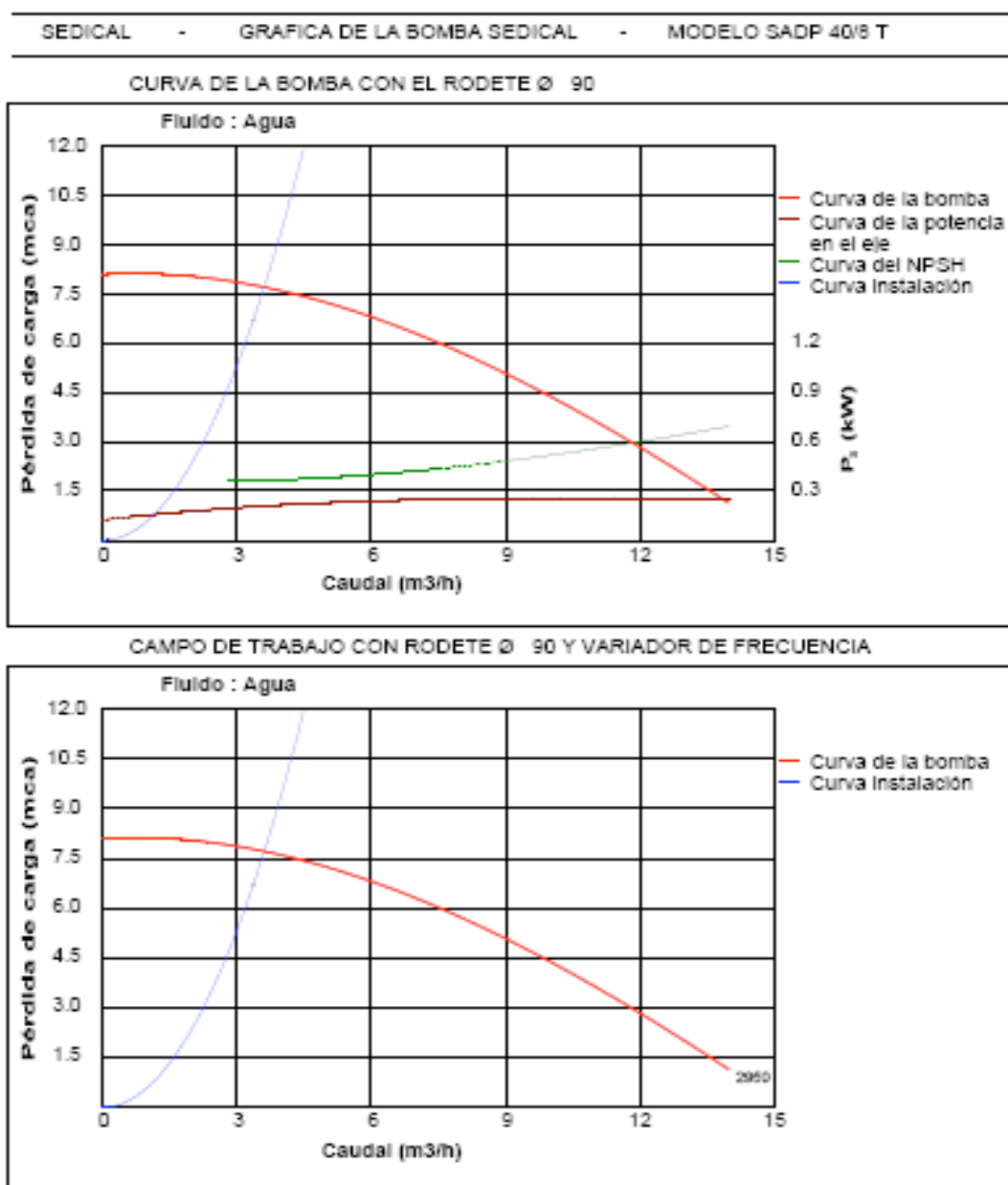


Figura 77. **Curvas de la bomba.**

6.4. DEPÓSITO DE INERCIA

El depósito de inercia del circuito se calcula de manera que dicho depósito pueda sustituir durante un tiempo determinado a la bomba de calor, evitando continuos arranques del compresor ante variaciones pequeñas de la demanda.

Se necesita conocer la etapa mínima de potencia del compresor de la bomba de calor. Hasta esa potencia, el control de la instalación hará que actúe el depósito de inercia y no la bomba de calor.

Hay dos criterios para el cálculo del volumen del depósito de inercia, el volumen seleccionado será el mayor de los dos. Para los cálculos se deberán conocer los siguientes valores:

v = Volumen de la instalación hidráulica (tuberías) 108 litros.

V = Volumen del depósito de inercia en litros.

$$K = \frac{1}{\rho_{\text{agua}} \cdot C_p} = 1(\text{kcal/l} \cdot \text{h})^{-1}$$

Q = Potencia térmica del equipo = 11 kW=9.460 kcal/h.

N = nº de compresores= 1 unidad.

n = % de la potencia térmica total del compresor correspondiente a su última etapa. Este último dato lo desconocemos por lo que tomaremos un 100%, para ser conservadores en el volumen del depósito de inercia.

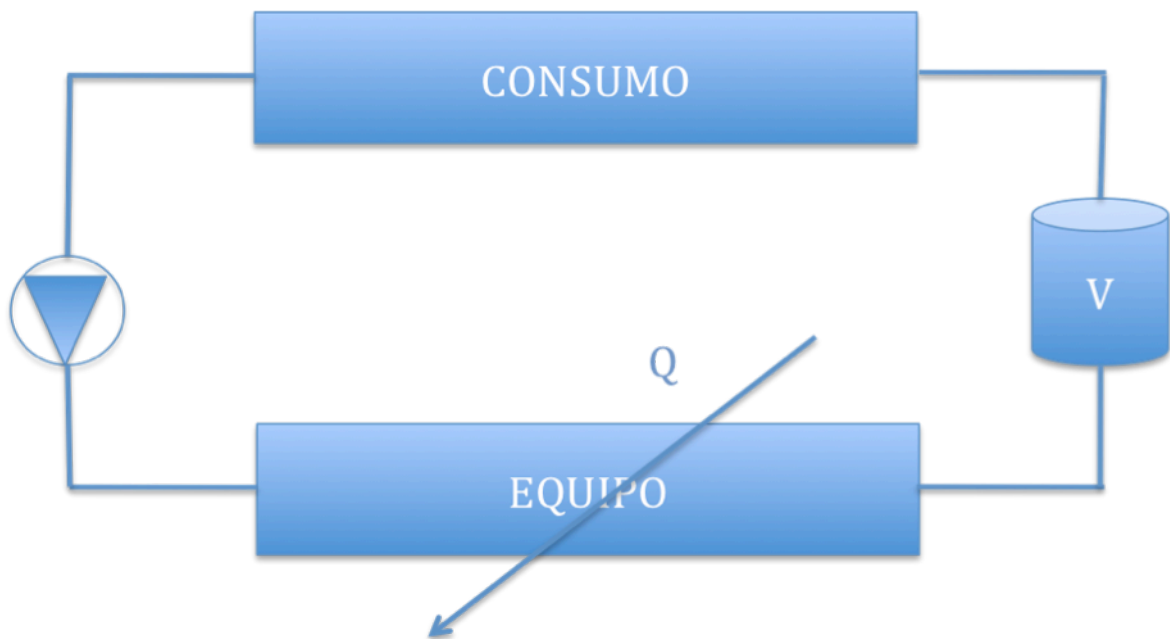


Figura 78. **Depósito de inercia.**

- **CRITERIO 1.**

El gradiente de temperatura en el agua debe ser menor o igual a 1,5°C/min.

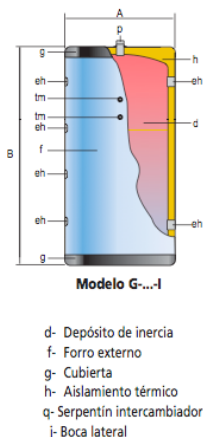
$$V_1 = v - \frac{K \cdot Q}{1,5 \cdot 60} = 108 - \frac{1 \cdot 11 \cdot 860}{90} = 3l$$

- **CRITERIO 2.**

La temperatura del agua, no deberá variar más de 2°C durante el periodo de tiempo del compresor (5 minutos).

$$V_2 = K \cdot \left(\frac{Q}{2 \cdot 12 \cdot N} \cdot n \right) - v = 1 \cdot \left(\frac{11 \cdot 860}{24 \cdot 1} \cdot 1 \right) - 108 = 286l$$

Como $V_2 > V_1$ se seleccionará una bomba de al menos 286 litros. El depósito será de acero al carbono, aislado térmicamente con espuma de poliuretano. La marca seleccionada es Lapesa, serie G, modelo G-370I. A continuación pueden verse sus características técnicas.



Conexiones / Dimensiones		G-80-I/F	G-140-I	G-200-I	G-260-I	G-370-I
Capacidad total	litros	80	140	200	260	370
Peso en vacío (aprox.)	Kg.	30	35	44	52	68
eh: Conexión lateral	"GAS/H	1-1/4	1-1/4	1-1/2	1-1/2	2
p: Conexión superior	"GAS	1/2H	1M	1M	1M	1M
tm: Conexión lateral	"GAS/H	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
Cota A: diámetro exterior	mm.	480	480	620	620	620
Cota B: longitud total	mm.	749	1155	985	1240	1725

Tabla 84. *Características técnicas del depósito de inercia.*

6.5. DEPÓSITO DE EXPANSIÓN

La finalidad del depósito o vaso de expansión, es absorber los cambios de volumen con la temperatura. Para ello hay que conocer el volumen de agua de la instalación.

Para el cálculo del volumen de la instalación, se tienen en cuenta los metros de tubería de cada diámetro, además de un cierto caudal por cada fancoil y por cada toallero:

Cálculo del volumen de agua en tuberías

3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	
<input type="text"/>	<input type="text" value="69,53"/>	<input type="text" value="45,11"/>	<input type="text" value="11,57"/>	<input type="text" value="31,54"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	metros
3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		metros

Cálculo del volumen de agua en otros elementos

Volumen de agua	<input type="text" value="40"/>	litros	Volumen de agua	L/kW
			Calderas	1.0 a 2.5
			Equipos frigoríficos	0.1 a 0.3
			Radiadores, paneles de chapa	5.0 a 8.0
			Fan-coils, aerotermos	0.2 a 0.5
			Ventiloconvectores	0.2 a 0.5

Figura 79. *Cálculo del volumen de agua de la instalación . Software de Sedical.*

El agua contenida en las tuberías de agua caliente es de 108 litros.

En definitiva, se selecciona un depósito de expansión, de la marca SEDICAL, modelo N-50/6, de 50 litros de capacidad y 6 bar de presión de trabajo máxima.

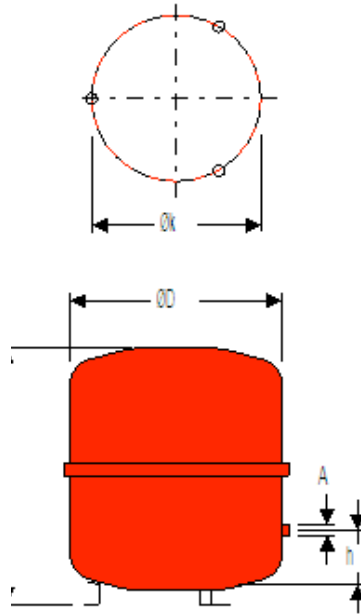


Figura 80. **Vaso de expansión.**

SEDICAL - HOJA TECNICA DEL VASO DE EXPANSION N - 50/6

Datos generales

Tipo de aplicación : Circuitos cerrados
 Tipo de vaso : Sin transferencia de masa
 Modelo de vaso : N - 50/6
 Temperatura de llenado : 45.0.°C

Volumen de agua

El volumen de la instalación : No es
 N° de tramos a calcular : 1
 Volumen de la instalación : 108.0.litros

Datos de cálculo

Concentración de etilenglicol : 0.0 %
 Presión estática : 7.0.m
 Presión mínima - tª mínima : 1.2 bar
 Presión máxima - tª máxima : 5.0 bar
 Presión de la válvula de seguridad : 6.0 bar

Tramos

Volumen	Tª mínima	Tª máxima
108.l	45.°C	50.°C

Modelo seleccionado

Vaso de expansión principal : 1 x N - 50/6

Datos técnicos del conjunto

Presión máxima de trabajo : 6 bar
 Pres. vaso sin conectar al circuito : 1.0 bar
 Cap. de acumulación necesaria : 0.4.litros
 Expansión total de la instalación : 0.2.litros
 Volumen de agua en el vaso a
 - temperatura mínima : 4.6.litros
 - temperatura de llenado : 4.6.litros

Dimensiones del vaso N - 50/6

Anchura (D) : 441.0.mm
 Altura (H) : 495.0.mm
 Diámetro de conexiones (A) : R 3/4"
 Medida h : 175.0.mm
 Medida k : 340.0.mm
 Peso : 12.5.kg

Croquis del vaso N - 50/6

Características del tipo Thermopress N

- Para sistemas cerrados de calefacción y climatización.
- Conexiones roscadas.
- Membrana no recambiable.
- Temp. maxima del vaso: 70°C.
- Temp. maxima de la instalación: 120°C.
- Homologación según directiva 97/23/CE de aparatos a presión.
- Color rojo.
- Presión inicial : 1.5 bar

Figura 81. **Hoja técnica del vaso de expansión.**

6.6. DISTRIBUCIÓN DE AIRE: RED DE CONDUCTOS DE IMPULSIÓN

La red de conductos de impulsión discurrirá desde los fancoils de cada sala a los difusores. La aspiración de los fancoils se situarán en los falsos techos.

Esta red de conductos será, en su circulación interior, de fibra de vidrio tipo CLIMAVER NETO de ISOVER, puesto que absorbe bien el ruido y tiene un bajo coeficiente de rozamiento. Toda la red de conductos se instalará de los tamaños y por los lugares indicados en los PLANOS DE CONDUCTOS, desde los fancoils hasta los difusores.

Las redes serán estancas en grado B o superior, y las caídas de presión en los componentes no serán superiores a las indicadas en la IT 1.2.4.2.4.

6.6.1. Difusores.

La distribución del aire se hará en las salas por medio de difusores. Se ha tratado por facilitar la tarea al instalador y también por estética elegir un único modelo de difusor.

Para calcular dicho modelo se ha usado el caudal de aire que cada Fancoil proporciona.

MODELO	CAUDAL DE AIRE (m ³ /h)
FC - 12	145
FC - 22	149
FC - 52	275

Tabla 85. **Caudales de aire para cada Fancoil.**

Los caudales de aire de los dos primeros Fancoils son muy parecidos, las dos unidades presentes del tercero dan servicio al salón y al comedor. Estas salas poseen dimensiones grandes por lo que será necesario el uso de dos difusores, resultando por tanto un flujo de aire muy parecido a los dos anteriores. Por tanto se puede tomar un caudal de aire por difusor igual a 150 m³/h.

Para la difusión de calor son adecuados los difusores circulares. La marca elegida es Koolair y el modelo es 40.4 SF 160, a continuación se incluye la tabla de selección.

NOTA: Por recomendación del fabricante de los difusores (Koolair), se toma un salto térmico de 10°C (diferencia entre la temperatura de aire de impulsión y la temperatura del aire del ambiente).

Simbología

A_K : Área efectiva del difusor en m².

V_K : Velocidad efectiva en m/s.

ΔP_t : Pérdida de carga total (presión estática + dinámica), en Pa.

$LWA-dB(A)$: Nivel de potencia sonora, en dB(A).

X : Alcance de la vena de aire para una velocidad máxima en zona ocupada de 0,25 m/s, en m.

Y_{max} : Alcance vertical máximo, en m.

Serie 40.1

13



Datos técnicos. Tablas de selección. Difusores 40.4 SF – 40.5 SF

▪ **Tabla 2**

SERIE 40-4 y 40-5 VERTICAL												
Q		Tamaño	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	21"	24"
(m³/h)	(l/s)	A _k (m²)	0,00784	0,0103	0,01493	0,02065	0,02877	0,04161	0,0571	0,07741	0,10177	0,18338
100	27,8	V _k (m/s)	3,5	2,7	1,9							
		Y _{max} (m)	1,8	1,4	1,1							
		ΔP _t (Pa)	14	5	2							
		dB(A)	36	<20	<20							
150	41,7	V _k (m/s)	5,3	4,0	2,8	2,0						
		Y _{max} (m)	2,6	2,1	1,6	1,3						
		ΔP _t (Pa)	32	11	5	3						
		dB(A)	46	25	<20	<20						
200	55,6	V _k (m/s)	7,1	5,4	3,7	2,7	1,9					
		Y _{max} (m)	3,5	2,9	2,2	1,7	1,3					
		ΔP _t (Pa)	56	19	9	5	4					
		dB(A)	53	32	<20	<20	<20					
300	83,3	V _k (m/s)		8,1	5,6	4,0	2,9	2,0				
		Y _{max} (m)		4,3	3,2	2,5	2,0	1,5				
		ΔP _t (Pa)		43	20	10	9	7				
		dB(A)		43	26	<20	<20	<20				
400	111,1	V _k (m/s)		10,8	7,4	5,4	3,9	2,7	1,9			
		Y _{max} (m)		5,7	4,3	3,4	2,6	2,0	1,6			
		ΔP _t (Pa)		77	36	18	15	13	8			
		dB(A)		51	34	27	27	25	22			
500	138,9	V _k (m/s)			9,3	6,7	4,8	3,3	2,4	1,8		
		Y _{max} (m)			5,4	4,2	3,3	2,5	2,0	1,6		
		ΔP _t (Pa)			56	29	24	21	12	7		
		dB(A)			40	34	33	31	27	23		
600	166,7	V _k (m/s)			11,2	8,1	5,8	4,0	2,9	2,2		
		Y _{max} (m)			6,5	5,1	4,0	3,0	2,4	1,9		
		ΔP _t (Pa)			80	42	35	30	17	10		
		dB(A)			46	39	38	36	32	28		
800	222,2	V _k (m/s)				10,8	7,7	5,3	3,9	2,9	2,2	1,2
		Y _{max} (m)				6,8	5,3	4,0	3,2	2,5	2,1	1,3
		ΔP _t (Pa)				74	62	53	31	18	11	4
		dB(A)				48	46	43	39	34	29	22

Tabla 86. **Selección de difusores 40.4 SF Koolair**

Como se puede observar el difusor seleccionado tiene un alcance prácticamente igual a la altura libre de la vivienda. Los difusores están fabricados en aluminio anodizado en su color.

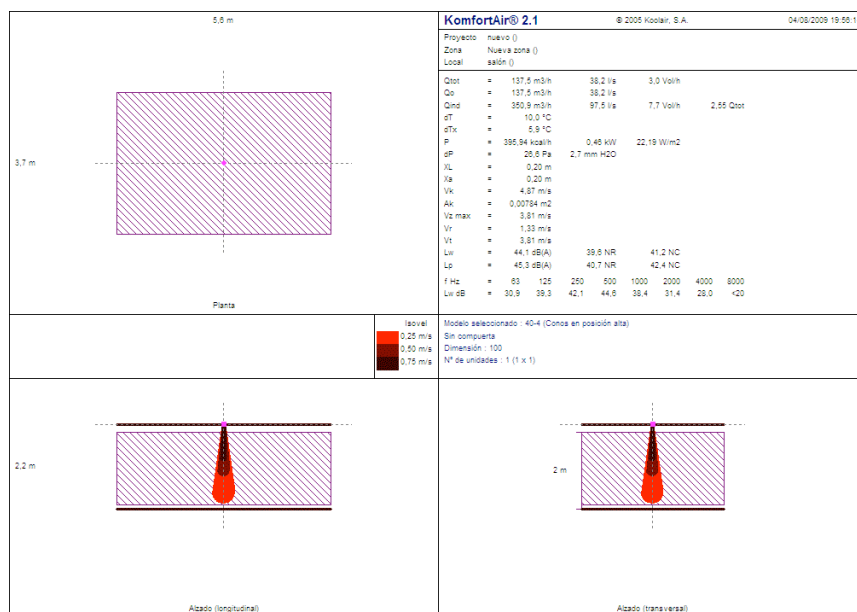


Figura 82. **Perfil de velocidades del difusor seleccionado.**

6.6.2. Cálculo y Dimensionamiento de la Red de Conductos.

El cálculo y dimensionamiento de la red de conductos, se ha realizado en base a una pérdida de carga constante, como se explicará en los próximos apartados. De igual manera, se limitará la velocidad del aire en los conductos a un máximo de 6 m/s para evitar ruidos.

Se utilizarán las siguientes expresiones para el cálculo:

$$Q = v \times \frac{\pi D_e}{4}$$

$$D_e = \frac{12,911184 \times Q^{3,3766}}{P^{0,205}}$$

Donde: D_e es el diámetro equivalente (m)

Q el caudal de aire (m³/h)

P es la caída de presión por unidad de longitud (mm.c.a./m.)

Se tienen por tanto cuatro incógnitas, la velocidad, el caudal, la sección y la pérdida de carga. Lo que se hace es fijar el caudal, que se conoce por las necesidades de ventilación, y se fija también la velocidad en la máxima (6 m/s). Con esto se obtiene el diámetro equivalente.

Como este diámetro no será comercial, se escoge el diámetro comercial inmediatamente superior, con la consiguiente bajada de velocidad y de pérdida de carga, como se aprecia en la ecuación de Colebrook.

En este punto se comprueba si no se supera el límite establecido como máximo para la pérdida de carga. Si se sobrepasa, se hace una segunda iteración siempre moviéndose en los diámetros comerciales. Esto provoca una bajada de la pérdida de carga y la consiguiente bajada de la velocidad.

De esta forma se obtiene el diámetro equivalente que se transformará en sección rectangular equivalente mediante las indicaciones de la Norma UNE 100-101-84, usando la siguiente expresión:

$$D_e = \frac{1,30 \times (a \times b)^{0,625}}{(a + b)^{0,25}}$$

Siendo a y b las dimensiones de los lados del conducto rectangular.

De esta última ecuación se deduce que se puede fijar alguno de los dos lados según interese. Lo ideal sería que los conductos sean lo más cuadrados posibles para evitar el denominado efecto flauta, en el cual el aire no circula por las esquinas de los conductos. Este efecto es mayor en conductos rectangulares. Como el caudal de aire que circulará por la instalación es pequeño y no hay una gran limitación por el falso techo se hará lo posible por instalar los conductos cuadrados.

La forma práctica para calcular esto es el uso de ábacos, distintos para cada material, en los cuales entrando con el caudal se puede obtener la pérdida de carga por metro lineal de conducto. El ábaco en concreto para la chapa, análogo al del Climaver, se representa en la siguiente figura:

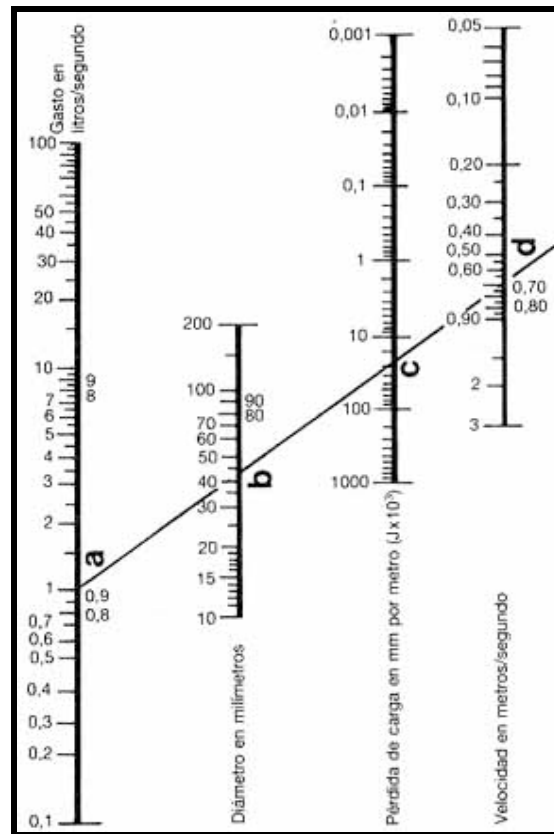


Figura 83. **Ábaco para el cálculo de la pérdida en conductos de chapa.**

Para el dimensionamiento de la red de conductos se ha utilizado el programa Dawin perteneciente al paquete informático *Procedimientos Uno*. A continuación se describe como el programa ejecuta el cálculo y los resultados que se obtienen.

El programa se basa en las fórmulas expuestas en el manual ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS 1997 editado por la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. de las cuales se reproducirán las más importantes.

6.6.3. Pérdidas de Presión.

Pérdidas de presión por fricción:

Para calcularlas se empleará la siguiente fórmula:

$$\Delta P_f = f \cdot \frac{L}{Dh} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \text{ y utilizando la ecuación de Blasius } f = 0,173 \cdot \alpha \cdot Re^{-0.18} \cdot Dh^{-0.04}$$

se obtiene la ecuación para el aire húmedo:

$$\Delta P_f = \alpha \cdot 14,1 \cdot 10^{-3} \cdot L \cdot \frac{v^{1,82}}{Dh^{1,22}}$$

Esta ecuación es válida para temperaturas comprendidas entre 15° y 40°, presiones inferiores a la correspondiente a una altitud de 1000 m. Y humedades relativas comprendidas entre 0% y 90%.

Siendo:

- ΔPf : Pérdidas de presión por fricción en Pa.
- f : Factor de fricción (adimensional).
- ε :: Rugosidad absoluta del material en mm.
- Dh : Diámetro hidráulico en m.
- v : Velocidad en m/s.
- Re : Número de Reynolds (adimensional).
- L : Longitud total en m.
- α : Factor que depende del material utilizado (adimensional).

Pérdidas de presión por singularidades:

Para calcularlas se empleará la siguiente fórmula

$$\Delta P_s = Co \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

Siendo:

- ΔPs : Pérdidas de presión por singularidades en Pa.
- Co : coeficiente de pérdida dinámica (adimensional).
- v : Velocidad en m/s.
- ρ : Densidad del aire húmedo kg/m³.

Los coeficientes Co de pérdida de carga dinámica se tienen tabulados para los distintos tipos de accesorios normalmente utilizados en las redes de conductos.

6.6.4. Métodos de dimensionamiento:

El circuito de impulsión se ha calculado usando el **Método de Rozamiento constante**. Este método consiste en calcular los conductos de forma que la pérdida de carga por unidad de longitud en todos los tramos del sistema sea idéntica (pérdida de carga constante por unidad de longitud igual a 0.1 mm.c.a./m). El área de la sección de cada conducto está relacionada únicamente con el caudal de aire que transporta, por tanto, a igual porcentaje de caudal sobre el total, igual área de conductos.

La presión estática necesaria en el ventilador se calcula teniendo en cuenta la pérdida de carga en el tramo de mayor resistencia y la ganancia de presión debida a la reducción de la velocidad desde el ventilador hasta el final de éste tramo. Así se podrá calcular si la presión del Fancoil es suficiente para vencer la pérdida de carga en el conducto y así poder impulsar el caudal de aire necesario.

Cada sala (dormitorios, salón-comedor, cuarto de plancha y recibidor) de la vivienda supone un subsistema, además del subsistema formado por la extracción de los baños y la cocina. A continuación se resumen los datos obtenidos para cada subsistema.

Características del ventilador de cada sala:

Sala	Caudal de aspiración y descarga	Presión estática necesaria	Presión total necesaria	Temperatura del aire en los conductos	Velocidad de descarga
Dormitorio 1	149,0 m³/h.	15,0 Pa.	25,3 Pa.	31,0 °C.	4,14 m/s
Dormitorio 2	149,0 m³/h.	13,8 Pa.	24,1 Pa.	31,0 °C.	4,14 m/s
Dormitorio 3	145,0 m³/h.	13,0 Pa.	22,7 Pa.	31,0 °C.	4,03 m/s
Cuarto de plancha	145,0 m³/h.	7,7 Pa.	17,5 Pa.	31,0 °C.	4,03 m/s
Recibidor	149,0 m³/h.	10,5 Pa.	20,8 Pa.	31,0 °C.	4,14 m/s
Cocina	145,0 m³/h.	11,8 Pa.	21,5 Pa.	31,0 °C.	4,03 m/s
Salón	275,0 m³/h.	17,5 Pa.	22,9 Pa.	31,0 °C.	3,00 m/s
Comedor	275,0 m³/h.	12,5 Pa.	19,4 Pa.	31,0 °C.	3,40 m/s
Dormitorio 4	145,0 m³/h.	10,5 Pa.	20,3 Pa.	31,0 °C.	4,03 m/s
Dormitorio 5	145,0 m³/h.	12,3 Pa.	22,0 Pa.	31,0 °C.	4,03 m/s
Dormitorio 6	145,0 m³/h.	10,6 Pa.	20,4 Pa.	31,0 °C.	4,03 m/s
Dormitorio 7	149,0 m³/h.	14,4 Pa.	24,8 Pa.	31,0 °C.	4,14 m/s

Tabla 87. **Características de los ventiladores de cada sala.**

Como ya se comentó el apartado de Difusores, por recomendaciones del fabricante, el salto térmico son 10°C, por ello la temperatura del aire en los conductos es de 31°C.

Ya se ha visto la presión que necesitaría el Fancoil para impulsar el aire en las salas, ahora se comprobará si los modelos de Fancoils seleccionados disponen de suficiente presión:

MODELO	PRESIÓN ESTÁTICA (Pa)
FC - 12	35
FC - 22	35
FC - 52	50

Tabla 88. **Caudales de aire para cada Fancoil.**

Se observa que la presión estática disponible es más que suficiente.

Detalle del Cálculo de los Conductos:

\varnothing eqv.: Diámetro del conducto circular equivalente;
 Long.: Longitud de conducto recto;
 Leqv.: Longitud equivalente de conducto recto debida a las transformaciones y codos;
 Δ Ps.: Pérdida de presión en los accesorios y singularidades;
 Δ Pf.: Pérdida de presión por fricción;
 Δ P: Pérdida de presión total en el conducto;
 Pt. final: Presión total al final del conducto.

DORMITORIO 1

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) (mm)	Área (m ²)	\varnothing eqv. (mm)	Long (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Velc. (m/s)	Δ Ps. (Pa)	Δ Pf. (Pa)	Δ Pt (Pa)	Pt. final (Pa)
Conducto [1-2]	100x100	0,010	109	3,10	0,82	149,0	4,14	2,1	8,0	10,1	15,2

Tabla 89. *Detalle de los conductos para el subsistema Dormitorio 1.*

DORMITORIO 2

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) (mm)	Área (m ²)	\varnothing eqv. (mm)	Long (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Velc. (m/s)	DPs. (Pa)	DPf. (Pa)	DPt (Pa)	Pt. final (Pa)
Conducto [1-2]	100x100	0,010	109	2,65	0,82	149,0	4,14	2,1	6,8	8,9	15,2

Tabla 90. *Detalle de los conductos para el subsistema Dormitorio 2.*

DORMITORIO 3

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) (mm)	Área (m ²)	\varnothing eqv. (mm)	Long (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Velc. (m/s)	Δ Ps. (Pa)	Δ Pf. (Pa)	Δ Pt (Pa)	Pt. final (Pa)
Conducto [1-2]	100x100	0,010	109	2,59	0,82	145,0	4,03	2,0	6,3	8,4	14,4

Tabla 91. *Detalle de los conductos para el subsistema Dormitorio 3.*

CUARTO DE PLANCHA

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) (mm)	Área (m ²)	\varnothing eqv. (mm)	Long (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Velc. (m/s)	Δ Ps. (Pa)	Δ Pf. (Pa)	Δ Pt (Pa)	Pt. final (Pa)
Conducto [1-2]	100x100	0,010	109	1,26	0,00	145,0	4,03	0,0	3,1	3,1	14,4

Tabla 92. *Detalle de los conductos para el subsistema Cuarto de Plancha.*

RECIBIDOR

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) (mm)	Área (m ²)	\varnothing eqv. (mm)	Long (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Velc. (m/s)	Δ Ps. (Pa)	Δ Pf. (Pa)	Δ Pt (Pa)	Pt. final (Pa)
Conducto [1-2]	100x100	0,010	109	2,20	0,00	149,0	4,14	0,0	5,7	5,7	15,2

Tabla 93. *Detalle de los conductos para el subsistema Recibidor.*

COCINA

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) (mm)	Área (m ²)	\varnothing eqv. (mm)	Long (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Velc. (m/s)	Δ Ps. (Pa)	Δ Pf. (Pa)	Δ Pt (Pa)	Pt. final (Pa)
Conducto [1-2]	100x100	0,010	109	2,10	0,82	145,0	4,03	2,0	5,1	7,2	14,4

Tabla 94. *Detalle de los conductos para el subsistema Cocina.*

SALÓN

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Velc. (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	Pt. final (Pa)
Conducto [1-2]	160x160	0,025	174	2,45	0,00	275,0	3,00	0,0	2,0	2,0	20,9
Conducto [2-3]	100x100	0,010	109	2,85	0,73	137,5	3,82	1,6	6,3	8,0	13,0
Conducto [2-4]	100x100	0,010	109	1,00	0,73	137,5	3,82	1,6	2,2	3,8	17,1

Tabla 95. *Detalle de los conductos para el subsistema Salón.*

COMEDOR

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Velc. (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	Pt. final (Pa)
Conducto [1-2]	150x150	0,022	164	2,20	0,00	275,0	3,40	0,0	2,4	2,4	17,0
Conducto [2-3]	150x150	0,022	164	1,40	1,26	275,0	3,40	1,4	1,5	2,9	14,1
Conducto [3-4]	100x150	0,015	133	1,60	2,31	137,5	2,55	2,0	1,4	3,3	10,8
Conducto [3-5]	100x150	0,015	133	1,60	2,31	137,5	2,55	2,0	1,4	3,3	10,8

Tabla 96. *Detalle de los conductos para el subsistema Comedor.*

DORMITORIO 4

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Velc. (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	Pt. final (Pa)
Conducto [1-2]	100x100	0,010	109	1,00	0,00	145,0	4,03	0,0	2,4	2,4	17,9
Conducto [2-3]	100x100	0,010	109	0,60	0,82	145,0	4,03	2,0	1,5	3,5	14,4

Tabla 97. *Detalle de los conductos para el subsistema Dormitorio 4.*

DORMITORIO 5

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Velc. (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	Pt. final (Pa)
Conducto [1-2]	100x100	0,010	109	2,30	0,82	145,0	4,03	2,0	5,6	7,6	14,4

Tabla 98. *Detalle de los conductos para el subsistema Dormitorio 5.*

DORMITORIO 6

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Velc. (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	Pt. final (Pa)
Conducto [1-2]	100x100	0,010	109	2,45	0,00	145,0	4,03	0,0	6,0	6,0	14,4

Tabla 99. *Detalle de los conductos para el subsistema Dormitorio 6.*

DORMITORIO 7

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) (mm)	Área (m ²)	Ø eqv. (mm)	Long (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Velc. (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	Pt. final (Pa)
Conducto [1-2]	100x100	0,010	109	2,90	0,82	149,0	4,14	2,1	7,5	9,6	15,2

Tabla 100. *Detalle de los conductos para el subsistema Dormitorio 7.*

6.7. DISTRIBUCIÓN DE AIRE: RED DE EXTRACCIÓN DE AIRE

La renovación de aire dentro del edificio se producirá a través de los conductos de extracción, que serán de chapa de acero galvanizado, de los aseos y de la cocina.

El objetivo de esta extracción de aire es renovar el volumen de aire que tenemos en el interior del edificio, para cumplir con el DB HS en cuanto a calidad del aire interior.

Se diseñará de manera que el aire circule de los locales climatizados hacia los locales húmedos (aseos y cocina). Por tanto los locales secos han de tener una cierta sobrepresión con respecto a los aseos, a la cocina y al exterior, para que siempre que haya flujo de aire entre las zonas climatizadas y las no climatizadas, y éste sea en el sentido de la zona climatizada hacia la no climatizada.

Se establecerán una red de conductos verticales de extracción, instalados por dos patinillos del edificio (uno de la planta baja a la planta primera, y el otro de la planta primera a la cubierta). Tras su salida a cubierta, se dirigirán a la expulsión al exterior. Todo se puede ver gráficamente en los planos de CONDUCTOS.

6.7.1. Rejilla de extracción.

Se colocará en el falso techo de la cocina una rejilla de extracción de 250 x 200 mm, de aletas fijas a 45°, marca Koolair, modelo 20-45-H, fabricada en aluminio anodinado en su color.

6.7.2. Rejillas de paso en aseos y cocina.

Debido a que en los aseos se realiza una extracción de aire, quedando por tanto en una situación de depresión con respecto al resto de zonas, existirá un flujo de aire desde estas zonas a los aseos. Para facilitar este flujo se dispondrán rejillas de paso en todas las puertas de los aseos. Estas rejillas serán de la marca Koolair, modelo 24-S1 de 200 x 200 mm, fabricadas en aluminio anodinado en su color con marco.

6.7.3. Boca de Retorno en aseos.

Para la extracción del aire en aseos según lo establecido para la normativa, habrá que situar una boquilla de extracción por cada inodoro. Estas boquillas tendrán una capacidad de extracción de 54 m³/h. Serán de la marca Koolair modelo GPD 16.

El aire se conducirá mediante conductos de chapa galvanizada hasta el exterior. Esta red finalizará en un ventilador de aspiración centrífugo de la marca SOLER&PALAU.

En la salida de los conductos a través de la cubierta se instalará un vierteaguas para evitar que entre agua al edificio. También se dispondrá de manguitos antivibratorios para el ventilador, para evitar que las vibraciones se transmitan a los conductos con el consiguiente ruido.

La salida del aire desde el ventilador al exterior también se hará por conducto de chapa galvanizada, terminando en un cuello de cisne para evitar condensaciones y con una rejilla antipájaros.

6.7.4. Cálculo y Dimensionamiento de los Conductos de Extracción.

Los conductos de extracción de aire seguirán el mismo método de cálculo que los de aire exterior.

El objetivo es dejar una sobrepresión del en los locales climatizados. En la siguiente tabla se especifican los valores de caudal de aire extraído en los aseos y la cocina.

Sala	Q extraído (m ³ /h)
Aseos	54
Cocina	141,8

Tabla 101. **Aire extraído en cada sala.**

Valores que cumplen el DB HS 3 (Tabla 19.Caudales de ventilación mínimos exigidos. DBHS 3.)

6.7.5. Métodos de dimensionamiento:

El circuito de impulsión se ha calculado usando el **Método de Rozamiento constante**, como ya se explico para los conductos de impulsión.

Características del ventilador de extracción:

Caudal de aspiración y descarga	Presión estática necesaria	Presión total necesaria	Temperatura del aire en los conductos	Velocidad de descarga
465,8 m ³ /h	189,5 Pa	200,7 Pa	21,0 °C	4,31 m/s

Tabla 102. **Características del ventilador de extracción.**

Ahora que son conocidas las características necesarias para el ventilador de extracción, este ya puede ser seleccionado. Se ha elegido un ventilador centrífugo de tejado con descarga horizontal, rodete centrífugo de chapa de acero galvanizada, de álabes hacia atrás protegido por rejilla de seguridad, base en acero galvanizado, soportes y tornillos cinchados, sombrero de aluminio y motor monofásico, autorefrigerado preparado para trasegar aire a 120° en funcionamiento continuo, marca S&P modelo CTHB/4-200. En el Anejo III se adjunta su hoja técnica.

Detalle de cálculo de los conductos

- Ø eqv.: Diámetro del conducto circular equivalente;
- Long.: Longitud de conducto recto;
- Leqv.: Longitud equivalente de conducto recto debida a las transformaciones y codos;
- Δ Ps.: Pérdida de presión en los accesorios y singularidades;
- Δ Pf.: Pérdida de presión por fricción;

ΔP : Pérdida de presión total en el conducto;

Pt. final: Presión total al final del conducto.

RETORNO Tramo	Dimensiones (Horz.xVert.) (mm)	Área (m ²)	$\phi_{eqv.}$ (mm)	Long (m)	Leqv. (m)	Caudal (m ³ /h)	Velc. (m/s)	ΔP_s (Pa)	ΔP_f (Pa)	ΔP_t (Pa)	Pt. final (Pa)
Conducto [1-2]	200x150	0,030	189	8,55	6,95	465,8	4,31	10,2	12,6	22,8	177,9
Conducto [2-3]	100x100	0,010	109	0,30	-23,37	54,0	1,50	-9,7	0,1	-9,6	187,5
Conducto [2-4]	200x150	0,030	189	4,00	4,04	411,8	3,81	4,7	4,7	9,4	168,5
Conducto [4-5]	150x150	0,022	164	0,90	6,09	357,8	4,42	11,0	1,6	12,6	155,8
Conducto [5-6]	150x150	0,022	164	25,00	3,11	357,8	4,42	5,6	45,2	50,8	105,1
Conducto [6-7]	150x150	0,022	164	0,10	0,00	357,8	4,42	0,0	0,2	0,2	104,9
Conducto [7-8]	150x100	0,015	133	2,40	3,10	141,8	2,63	2,9	2,2	5,1	99,8
Conducto [7-9]	150x100	0,015	133	7,00	5,24	216,0	4,00	10,4	13,9	24,2	80,7
Conducto [9-10]	150x100	0,015	133	3,35	2,23	108,0	2,00	1,3	1,9	3,1	77,5
Conducto [10-11]	100x100	0,010	109	1,70	3,19	54,0	1,50	1,3	0,7	2,0	75,5
Conducto [9-12]	150x100	0,015	133	5,70	5,04	108,0	2,00	2,8	3,2	6,0	74,6
Conducto [12-13]	100x100	0,010	109	2,10	0,25	54,0	1,50	0,1	0,9	1,0	73,7
Conducto [12-14]	100x100	0,010	109	6,80	2,24	54,0	1,50	0,9	2,8	3,8	70,9
Conducto [4-15]	100x100	0,010	109	1,10	-12,53	54,0	1,50	-5,2	0,5	-4,7	173,2

Tabla 103. **Detalle de los conductos de extracción.**

7. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN, CONFIGURACIÓN Y EQUIPOS PARA SU REGULACIÓN.

El objeto del presente apartado es la descripción del funcionamiento del Sistema de Gestión del Edificio (SGE), en el edificio objeto de este proyecto, una vivienda unifamiliar, de forma que se asegure una reducción de los gastos de explotación y el mantenimiento de las condiciones de confort y seguridad requeridas.

Los elementos que van a constituir el SGE son:

- Display de control.
- Controladores distribuidos.
- Elementos de campo (instrumentación), actuadores de compuerta, válvulas motorizadas, etc.
- Líneas eléctricas y de comunicaciones, con su anexionado.

El Sistema de Control que se instalará será de la marca TREND, y las diferentes instalaciones que va a gestionar son:

- Producción de calor en la bomba de calor.
- Fancoils.
- Extracción de aire en aseos y cocina.

7.1.ARQUITECTURA

7.1.1.General.

Los principales criterios bajo los cuales se diseñará la arquitectura del SGE son fiabilidad y flexibilidad.

Una alta fiabilidad debe estar asociada a todos los elementos del sistema de gestión. Un sistema fiable debe evitar que el fallo de una de sus partes produzca el colapso del resto del sistema. La flexibilidad exigida afecta a la capacidad de ampliación que puede tener el sistema ante cambios futuros de las instalaciones y el edificio.

Los distintos componentes del sistema se estructurarán en tres niveles:

- Nivel 1: Lo forman los elementos de campo situados en las instalaciones (sensores y actuadores) de los cuales se recogerán las medidas y las entradas digitales para

ser enviadas al segundo nivel. Desde este nivel se actuará directamente sobre las instalaciones según las órdenes recibidas del nivel superior.

- Nivel 2: Este nivel estará formado por controladores con procesador distribuidos libremente y programables tipo IQ3xcite e IQ2x a los cuales se les asignará las funciones de regulación, mando y control correspondiente a la producción de calor y control de electricidad.

Los controladores gestionan la producción y distribución de energía destinada a la calefacción.

Los reguladores envían al puesto central información de:

- Temperatura en los ambientes.
 - Valores actuales de consigna.
 - Desplazamientos respecto de los valores de consigna.
 - Demandas de calefacción.
 - Etc.
- Nivel 3: Lo forma el Centro de Control del Edificio. Tiene como misión la coordinación y supervisión de las instalaciones del edificio, actuando sobre los elementos de los niveles inferiores. Este nivel tendrá un programa gráfico de usuario que facilita el control de las instalaciones del edificio de una manera independiente del resto de los niveles. Los usuarios del sistema podrán conectar, con distintos códigos y categorías de acceso al mismo.

Desde este Centro de Control General es posible actuar sobre las diferentes instalaciones de modo que, automática o manualmente, se puede dar órdenes de activación o desactivación y modificarse los parámetros de funcionamiento de las instalaciones (temperaturas de consigna de las distintas dependencias, etc.).

La funcionalidad que proporciona el sistema es:

- Supervisión del estado de la instalación.
- La recepción de cualquier alarma producida.
- Automatización de arranque y parada de equipos.
- Registradores gráficos y numéricos para seguir la evolución histórica de las señales de la instalación. Siendo los registradores configurables en número de señales y escalas de los ejes de coordenadas.
- Registro cronológico de eventos de alarmas de las diversas instalaciones y de comandos de usuario.

7.2. PAUTAS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO

- La instalación es a dos tubos.
- Existirá un único display de control para la producción.
- Los fancoils tendrán una sonda de temperatura ambiente, con posibilidad de ajustes de consigna, selector de velocidades del ventilador.

MODOS DE OPERACIÓN

Existirán tres modos de operación.

- Modo manual: selector en posición manual ó 0. El equipo está fuera de control.
- Remoto manual: con el selector en posición automático puesta en marcha o parada de un equipo mediante una orden imperativa desde el display.
- Automático: con el selector en posición automático el equipo funcionará según la secuencia de control pre-establecida de acuerdo a horario.

PRODUCCIÓN DE CALOR

Para los elementos de control de la producción de calor contabilizamos

- 1 bomba de calor
- 1 grupo de bombas gemelas
- Una sonda de temperatura exterior.

La bomba de calor funcionará manteniendo una temperatura de salida del agua de 50°C. La secuencia de arranque se realizará de la siguiente forma:

- Arranque de bomba de impulsión.
- Se recibe estado de funcionamiento de bomba.
- Abre la V2V de la bomba de calor.
- Una vez confirmadas ambas señales se habilita el funcionamiento del compresor de la bomba de calor.
- En el supuesto de recibir fallo de la bomba de calor, se enviará una alarma.

La regulación de la instalación interior, es decir, de la calefacción de la vivienda se realizará individualmente para cada uno de los fancoils. Por ello todas las estancias de la vivienda pueden calefactarse por separado. La climatización individualizada es muy ventajosa, debido al confort que proporciona, ya que cada estancia puede ser calefactada al gusto de su o sus ocupantes, haciendo así que el confort de todos los habitantes de la

vivienda sea óptimo. Además se podrá calentar cada una de las salas en función de su uso y teniendo en cuenta la ocupación horaria de cada estancia. De esta manera se optimiza el consumo energético y el beneficio ambiental que este ahorro conlleva, además de producirse un ahorro económico.

La secuencia de arranque de fancoils se realizará de la siguiente forma:

- Los circuitos de impulsión a fancoils funcionarán por demanda.
- Una vez recibida la señal de demanda entrarán en funcionamiento la bomba del circuito y el variador de frecuencia adaptará el caudal a la demanda.

PUNTOS DE CONTROL

Resumiendo lo expuesto anteriormente, el listado de puntos de control resulta:

EA: Entrada analógica

ED: Entrada digital

SA: Salida analógica

SD: Salida digital

LISTADO DE SEÑALES					
DESCRIPCIÓN	EA	ED	SA	SD	Cantidad
PRODUCCIÓN DE CALOR					
Temperatura exterior	1				1
Marcha/paro, estado y alarma de la bomba de calor		2		1	
Alarma falta de flujo		1			1
					2
FANCOILS					
Orden M/P y 3 Velocidades		12			
Temperatura ambiente con modificador y 3 velocidades		12			
Regulador de válvula 3 vías calor				2	
Regulador de válvula 2 vías calor				10	

Tabla 104. *Listado de puntos de control.*

8. PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CAPÍTULO 1 INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN MEDIANTE BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

SUBCAPÍTULO 1.1 CENTRAL DE PRODUCCIÓN

APARTADO 1.1.1 BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

1.1.1.1 ud BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

Bomba de calor agua agua marca CARRIER, modelo AQUAZONE 50HRC48 o similar, de las siguientes características:

- Potencia calorífica (Temperatura de entrada del agua=10°C): 17kW
- Temperatura de salida del agua 20°C
- COP = 4,3
- Compresor scroll
- Refrigerante empleado R-22
- Totalmente instalada y funcionando.

	1,00	4.000,00	4.000,00
--	------	----------	----------

TOTAL APARTADO 1.1.1 BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA4.000,00

APARTADO 1.1.2 DEPÓSITOS DE EXPANSIÓN

1.1.2.1 ud DEPOSITO EXPANSIÓN INTERCAMBIADOR GEOTÉRMICO

Depósito tampón de 750 litros fabricado en chapa de acero negro, aisladotérmicamente con forro de poliuretano expandido y acabado exterior en aluminio para exteriores.
Irà provisto de 4 bridas de 6".
Totalmente instalado y funcionando.

	1,00	89,00	89,00
--	------	-------	-------

1.1.2.2 ud DEPÓSITO EXPANSIÓN CALEFACCIÓN

Deposito de expansión cerrado sin compresor, de membrana recambiable, marca Reflex o similar, modelo N-200/6 de 200 litros de capacidad. Incluyendo válvula de seguridad, manómetro, pequeño material, accesorios, etc. Completo, instalado y probado.

	1,00	89,00	89,00
--	------	-------	-------

TOTAL APARTADO 1.1.2 DEPÓSITOS DE EXPANSIÓN178,00

APARTADO 1.1.3 GRUPOS CIRCULADORES

1.1.3.1 ud BOMBA DE CIRCULACIÓN INTERCAMBIADOR GEOTÉRMICO

Bombas gemela, sin variador de frecuencia, marca Sedical o similar, modelo SAM 40/8 T, en circuito hidráulico del intercambiador geotérmico, para un caudal de 3.63 m3/h y una pérdida de carga de 3.73 m.c.a., motor 0.23 KW, incluyendo bridas, contrabridas, juntas, cableado, conexión eléctrica, etc., completa, instalada y probada.

	1,00	1.173,00	1.173,00
--	------	----------	----------

1.1.3.2 ud BOMBA DE CIRCULACIÓN CALEFACCIÓN

Bombas gemelas, marca Sedical o similar, modelo SADP 40/8 THV, con variador de frecuencia hv 1.5. para un caudal de 3.4 m3/h y 6.7 m.c.a., motor 0.29kW, incluyendo bridas, contrabridas, juntas, cableado, conexión eléctrica, etc., completa, instalada y probada.

	1,00	5.375,00	5.375,00
--	------	----------	----------

TOTAL APARTADO 1.1.3 GRUPOS CIRCULADORES 6.548,00

APARTADO 1.1.4 INTERCAMBIADOR GEOTÉRMICO

1.1.4.1 ud LOTE CAPATADOR GEOTÉRMICO

Excavación de dos pozos de 36 metros de profundidad con un diámetro de 150 mm situados a 5 metros el uno del otro (15 euros/metro).

		Excavación canal 0.65 x 40 x 1 metros para el colector. Se incluye el relleno posterior con el conglomerado extraído.			
			1,00	2.700,00	2.700,00
1.1.4.2	ud	MATERIALES INTERCAMBIADOR GEOTÉRMICO Materiales intercambiador geotérmico. Compuesto por: 200 metros de tubería polietileno PE100 (10 atm) con un diámetro de 2 1/2", 10 codos, 2 T's, 2 válvulas y 4 enlaces rectos.			
1.1.4.3	ud	INSTALACIÓN INTERCAMBIADOR GEOTÉRMICO Instalación intercambiador geotérmico. Colocación de las tuberías que componen el colector y el intercambiador vertical, así como las uniones entre estos y la unión a la bomba. Rozas en el muro del garaje para el paso del colector con albañilería y pintura posterior.	1,00	800,00	800,00
			1,00	1.500,00	1.500,00

TOTAL APARTADO 1.1.4 INTERCAMBIADOR GEOTÉRMICO 5.000,00

APARTADO 1.1.5 DEPÓSITO DE INERCIA

1.1.5.1	Deposito de Inercia	Deposito de inercia marca LAPESA, serie G modelo G-260 litros, fabricado en acero al carbono, para instalación vertical sobre suelo. Aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano inyectado en molde, libre de CFC y acabado exterior con forro acolchado desmontable			
			1,00	321,92	321,92

TOTAL APARTADO 1.1.5 DEPÓSITO DE INERCIA 321,92

TOTAL SUBCAPÍTULO 1.1 CENTRAL DE PRODUCCIÓN 16.047,92

SUBCAPÍTULO 1.2 SISTEMAS EMISORES

APARTADO 1.2.1 FAN-COILS

1.2.1.1	ud	FANCOIL HORIZONTAL FC-12 Fan-coil FC-12 versión horizontal, apoyado en techo, marca Koolclima o similar, modelo IO2, para instalación de agua a dos tubos, con los siguientes elementos: - Filtro de aire. - Ventilador con motor monofásico de 230 V de tres velocidades. - Bandeja de condensados. Totalmente instalada, con conexionado eléctrico e hidráulico mediante latiguillos flexibles, elementos de emboquillado a conductos, y ejecución y montaje de soportes.			
			6,00	203,00	1.218,00
1.2.1.2	ud	FANCOIL HORIZONTAL FC-22 Fan-coil FC-22 versión horizontal, apoyado en techo, marca Koolclima o similar, modelo IO2, para instalación de agua a dos tubos, con los siguientes elementos: - Filtro de aire - Ventilador con motor monofásico de 230 V de tres velocidades. - Bandeja de condensados. Totalmente instalada, con conexionado eléctrico e hidráulico mediante latiguillos flexibles, elementos de emboquillado a conductos, y ejecución y montaje de soportes.			
			4,00	213,00	852,00
1.2.1.3	ud	FANCOIL HORIZONTAL FC-52 Fan-coil FC-52 versión horizontal, apoyado en techo, marca Koolclima o similar, modelo IO2, para instalación de agua a dos tubos, con los siguientes elementos: - Filtro de aire. - Ventilador con motor monofásico de 230 V de tres velocidades. - Bandeja de condensados. Totalmente instalada, con conexionado eléctrico e hidráulico mediante latiguillos flexibles, elementos			

de emboquillado a conductos, y ejecución y montaje de soportes.

2,00

273,00

546,00

TOTAL APARTADO 1.2.1 FAN-COILS 2.616,00

APARTADO 1.2.2 TOALLEROS

1.2.2.1

ud TOALLERO CL 50 - 800

Toallero de acero tubular marca Baxi-Roca modelo, CL 50 - 800.

Características principales

- Fabricados formando dos colectores rectangulares verticales de acero de 40 x 30 x 1,5 mm y la superficie radiante con tubos de acero horizontales de \varnothing 25 x 1,5 mm que unen los dos colectores.
- Alturas básicas de 1800 mm
- Kit de accesorios.
- Juego de 3 soportes telescópicos de color blanco RAL 9010.
- Llave hexagonal para montaje de los soportes.
- 1 Tapón de 1/2" cromado con junta tórica.
- 2 Tapones de 1/2" cromados con juntas tóricas.
- Purgador de 1/2".
- Tacos y tirafondos para la sujeción de los soportes.
- Dos orificios de conexión de 1/2".
- Posibilidad de conexión bitubular o monotubular. (Utilizar la llave Monotubo vertical de la serie termostatzable).
- Sometido a una prueba de 18 bar que garantiza su estanquidad.
- Instalación en dos versiones, hidráulica (agua caliente), eléctrica-mixta (con resistencia).
- Se suministra el modelo CL 50 pintados con pintura epoxi de acabado blanco RAL 9010
- Embalaje individual con cantoneras y laterales de cartón y plástico retráctil; en su interior una caja con el kit de accesorios.

1,00

180,00

180,00

1.2.2.2

ud TOALLERO CL 50-1800 CR

Toallero de acero tubular marca Baxi-Roca modelo, CL 50 - 800.

Características principales

- Fabricados formando dos colectores rectangulares verticales de acero de 40 x 30 x 1,5 mm y la superficie radiante con tubos de acero horizontales de \varnothing 25 x 1,5 mm que unen los dos colectores.
- Alturas básicas de 1780 mm
- Kit de accesorios.
- Juego de 3 soportes telescópicos de color blanco cromado.
- Llave hexagonal para montaje de los soportes.
- 2 Tapones de 1/2" cromados con juntas tóricas.
- Purgador de 1/2".
- Tacos y tirafondos para la sujeción de los soportes.
- Dos orificios de conexión de 1/2".
- Posibilidad de conexión bitubular o monotubular. (Utilizar la llave Monotubo vertical de la serie termostatzable).
- Sometido a una prueba de 18 bar que garantiza su estanquidad.
- Instalación en dos versiones, hidráulica (agua caliente), eléctrica-mixta (con resistencia).
- Se suministra pintado con pintura epoxi de acabado cromado
- Embalaje individual con cantoneras y laterales de cartón y plástico retráctil; en su interior una caja con el kit de accesorios.

5,00

180,00

900,00

TOTAL APARTADO 1.2.2 TOALLEROS 1.080,00

TOTAL SUBCAPÍTULO 1.2 SISTEMAS EMISORES..... 3.696,00

SUBCAPÍTULO 1.3 RED DE CONDUCTOS

1.3.1

m2 CONDUCTO CLIMAVER NETO

Suministro y colocación de Conducto autoportante para la distribución de aire calefactado, conductos, ejecutado con el Panel Climaver NETO de Isover, lana de vidrio de alta densidad revestido por exterior con un complejo triplex formado por lámina de aluminio visto, refuerzo de malla de vidrio y kraft, aporta altos rendimientos térmicos y acústicos, reacción al fuego A2-s1, d0, i/p.p. de corte,

ejecución, codos, embocaduras, derivaciones, elementos de fijación, sellado de uniones con cinta Climaver de aluminio, medios auxiliares y costes indirectos, totalmente instalado según normas UNE 100-105-84. Incluso parte proporcional de pequeño material y piezas especiales, mano de obra y medios mecánicos para su instalación, totalmente instalada, i/ medios y material de montaje.

1.3.2	m2 CONDUCTO CHAPA GALVANIZADA	37,00	23,00	851,00
	Suministro y colocación de Canalización de aire realizada con chapa de acero galvanizada, i/embo- caduras, derivaciones, elementos de fijación y piezas especiales, con bridas METU homologado, instalado, según normas UNE 100-102-88 y UNE 100-103-84. Incluso parte proporcional de peque- ño material y piezas especiales, mano de obra y medios mecánicos para su instalación, totalmente instalada, i/ medios y material de montaje.			
		48,33	32,00	1.546,56

TOTAL SUBCAPÍTULO 1.3 RED DE CONDUCTOS 2.397,56

SUBCAPÍTULO 1.4 DIFUSORES Y REJILLAS

1.4.1	Ud DIFUSOR CIRCULAR 40.4 SF			
	Suministro e instalación de difusor circular de largo alcance de accionamiento manual, marca KOO- LAIR, modelo 40.4 SF, con dimensión nominal de 160x100 mm, con compuerta de regulación y marco de montaje. Acabado en aluminio anodizado.			
1.4.2	Ud REJILLA RETORNO 20-45-H-O 250x200	14,00	61,75	864,50
	Suministro y montaje de rejilla de retorno, marca KOOLAIR, modelo 20-45-H-O, de dimensiones 250x200 mm, para retorno de aire, con aletas horizontales fijas a 45° y compuerta de regulación. Fa- bricada en aluminio. Acabado aluminio anodizado o en RAL a definir.			
1.4.3	Ud REJILLA DE PASO ASEOS	1,00	30,46	30,46
	Suministro y montaje de rejilla de paso del aire a los aseos, marca KOOLAIR, modelo 224-S1, de dimensiones 200x200 mm. Fabricada en aluminio en su color con marco Debido a que en los aseos se realiza una extracción de aire, quedando por tanto en una situación de subpresión con respecto al resto de zonas, existirá un flujo de aire desde estas zonas a los aseos. Para facilitar este flujo se dispondrán rejillas de paso encima de todas las puertas de los aseos. Es- tas rejillas serán de la marca Koolair, modelo 24-S1 de 200 x 200 mm, fabricadas en aluminio anodi- nado en su color con marco.			
1.4.4	Ud BOCA DE EXTRACCION GPD 16	6,00	20,80	124,80
	Suministro e instalación de boca de extracción, marca KOOLAIR, modelo GPD, dimensión nominal 150 mm, con aro de montaje metálico. Regulación mediante giro manual del núcleo central. Acabado en color blanco, fabricada en chapa de acero esmaltada.			
1.4.5	Ud CAJA VENTILACIÓN EX-01	6,00	11,10	66,60
	Suministro e instalación de caja de ventilación estanca, marca S&P o similar, modelo CVAT/4-1200/250, 716 m3/h y 105 Pa, fabricada en chapa de acero galvanizado de doble pared con aislamiento interior, rodete centrifugo, motor IP55, clase F y protector térmico incorporado. Inclu- yendo soportes, lonas de conexión a conductos, alimentación eléctrica, etc...Completo, instalado y probado.			
		1,00	517,97	517,97

TOTAL SUBCAPÍTULO 1.4 DIFUSORES Y REJILLAS 1.604,33

SUBCAPÍTULO 1.5 RED DE TUBERÍAS Y VALVULERÍA

1.5.1	mI TUBERÍA ACERO NEGRO 1 1/4"			
	Tubería de acero electrosoldada, clase negra, DIN-2440, de Ø 1 1/4", incluso parte proporcional de piezas especiales y accesorios, soportes marca MUPRO o equivalente aprobada, pintura, funda de PVC corrugada en la empotrada, etc., totalmente instalada.			

		31,54	18,10	570,87
1.5.2	ml TUBERÍA ACERO NEGRO 1" Tubería de acero electrosoldada, clase negra, DIN-2440, de Ø 1", incluso parte proporcional de piezas especiales y accesorios, soportes marca MUPRO o equivalente aprobada, pintura, funda de PVC corrugada en la empotrada, etc., totalmente instalada.			
		11,57	17,01	196,81
1.5.3	ml TUBERÍA ACERO NEGRO 3/4" Tubería de acero electrosoldada, clase negra, DIN-2440, de Ø 3/4", incluso parte proporcional de piezas especiales y accesorios, soportes marca MUPRO o equivalente aprobada, pintura, funda de PVC corrugada en la empotrada, etc., totalmente instalada.			
		45,11	16,46	742,51
1.5.4	ml TUBERÍA ACERO NEGRO 1/2" Tubería de acero electrosoldada, clase negra, DIN-2440, de Ø 1/2", incluso parte proporcional de piezas especiales y accesorios, soportes marca MUPRO o equivalente aprobada, pintura, funda de PVC corrugada en la empotrada, etc., totalmente instalada.			
		69,53	12,66	880,25
1.5.5	ml AISLAMIENTO TUB. ARMAFLEX S.H. 1 1/4" Aislamiento con coquilla de espuma elastomérica, de 25 mm de espesor, para tubería de D.N. 1 1/4", marca Armaflex SH o equivalente aprobada, incluso parte proporcional de aislamiento de piezas, válvulas, accesorios, etc., totalmente instalado.			
		20,59	10,28	211,67
1.5.6	ml AISLAMIENTO TUB. ARMAFLEX S.H. 1" Aislamiento con coquilla de espuma elastomérica, de 25 mm de espesor, para tubería de D.N. 1", marca Armaflex SH o equivalente aprobada, incluso parte proporcional de aislamiento de piezas, válvulas, accesorios, etc., totalmente instalado.			
		137,16	6,02	825,70
1.5.7	ud VÁLVULA BOLA 1 1/4" Válvula de bola de dos vías, roscada, PN-63, de Ø 1 1/4", marca PROINVAL o equivalente aprobada, de paso total, con cuerpo en dos piezas de acero inoxidable CF-8M, esfera de acero inoxidable AISI-316, eje del mismo material y asiento de PTFE, con palanca de accionamiento, totalmente instalada.			
		4,00	16,77	67,08
1.5.8	ud VÁLVULA BOLA 3/4" Válvula de bola de dos vías, roscada, PN-63, de Ø 3/4", marca PROINVAL o equivalente aprobada, de paso total, con cuerpo en dos piezas de acero inoxidable CF-8M, esfera de acero inoxidable AISI-316, eje del mismo material y asiento de PTFE, con palanca de accionamiento, totalmente instalada.			
		6,00	7,46	44,76
1.5.9	ud VÁLVULA BOLA 1/2" Válvula esférica de dos vías, roscada, PN-63, de Ø 1/2", marca PROINVAL o equivalente aprobada, de paso total, con cuerpo en dos piezas de acero inoxidable CF-8M, esfera de acero inoxidable AISI-316, eje del mismo material y asiento de PTFE, con palanca de accionamiento, totalmente instalada.			
		16,00	5,46	87,36
1.5.10	ud VÁLVULA EQUILIBRADO CAUDAL 1 1/4" Válvula de equilibrado de caudal, embridada, marca Tour-Andersson o equivalente aprobada, modelo STAD, de Ø 1 1/4", con dispositivo de vaciado, cuerpo de fundición Grado 260, cono de presión compensada en bronce y junta de goma EPDM, incluso volante con indicación digital.			
		1,00	95,70	95,70
1.5.11	ud VÁLVULA EQUILIBRADO CAUDAL 3/4" Válvula de equilibrado de caudal, embridada, marca Tour-Andersson o equivalente aprobada, modelo STAD, de Ø 3/4", con dispositivo de vaciado, cuerpo de fundición Grado 260, cono de presión compensada en bronce y junta de goma EPDM, incluso volante con indicación digital.			
		2,00	65,80	131,60

1.5.12	ud VÁLVULA EQUILIBRADO CAUDAL 1/2" Válvula de equilibrado de caudal, embridada, marca Tour-Andersson o equivalente aprobada, modelo STAD, de Ø 1/2", con dispositivo de vaciado, cuerpo de fundición Grado 260, cono de presión compensada en bronce y junta de goma EPDM, incluso volante con indicación digital.			
		10,00	55,80	558,00
1.5.13	ud DETENTOR 1/2" Detentor para toallero de 1/2", marca SALVADOR ESCODA, o equivalente aprobada.			
		6,00	6,05	36,30
1.5.14	ud FILTRO DE AGUA 3/4" Filtro de agua, embridado, marca JC o equivalente aprobada, cuerpo de hierro y tamiz de acero inoxidable, PN16, de Ø 3/4".			
		2,00	10,65	21,30
1.5.15	ud FILTRO DE AGUA 1/2" Filtro de agua, embridado, marca JC o equivalente aprobada, cuerpo de hierro y tamiz de acero inoxidable, PN16, de Ø 1/2".			
		10,00	8,16	81,60
1.5.16	ud CONJUNTO LLENADO INSTALACIÓN 1 1/4" Suministro y colocación de conjunto de llenado de 1 1/4", con todos los elementos necesarios según RITE, completo, instalado y funcionando.			
		1,00	312,00	312,00
1.5.17	ud PUNTO VACIADO Suministro y colocación de punto de vaciado, compuesto por válvula de bola, tubería de acero negro del mismo diámetro, accesorios, soportes, pintura, incluso descarga a saneamiento, completo, instalado funcionando.			
		1,00	15,00	15,00
1.5.18	ud MANGUITO ANTIVIBRATORIO 1 1/4" Manguito antivibratorio de Ø1 1/4", con juntas, guías, pequeño material, etc. Completa, instalada y probada.			
		4,00	19,87	79,48
1.5.19	ud TERMÓMETRO Termómetro de 100 mm de diámetro de esfera de diferentes escalas.			
		4,00	22,59	90,36
1.5.20	ud MANÓMETRO Manómetro de 100 mm de esfera y escala de 0 a 10 Kg/cm².			
		4,00	9,80	39,20

TOTAL SUBCAPÍTULO 1.5 RED DE TUBERÍAS Y VALVULERÍA..... 5.087,55

SUBCAPÍTULO 1.6 CONTROL

1.6.1	Control Sistema de Gestión de calefacción de la vivienda, compuesto por: - Display digital de control de la instalación. - Controladores distribuidos. Para la producción de calor: - Sonda de temperatura exterior. - Señal de marcha/paro, estado. - Alarma de falta de flujo. Para los fancoils: - 12 señales de M/P y 3 velocidades. - 12 señales de temperatura ambiente con modificador y 3 velocidades. - 2 reguladores de válvulas de 3 vías. - 10 reguladores de válvulas de 2 vías. - Líneas eléctricas y de comunicaciones, con su anexionado. Suministro e instalación de mangueras de cable apantallado de señales de 1 mm. de sección para conexión de 12 señales de control. Suministro e instalación de mangueras de cable para interconexión entre termostato de fan-coil,			
-------	---	--	--	--



válvulas de fan-coil, alimentación 230 Vac de las velocidades desde alimentación de fan-coil.
- Trabajos de ingeniería, programación, puesta en marcha y ajustes de la instalación conforme a las especificaciones del proyecto y con la colaboración (respecto a criterio de elaboración) de la propiedad, dirección facultativa, ingeniería o quien ellos asignen.

1,00 3.719,70 3.719,70

TOTAL SUBCAPÍTULO 1.6 CONTROL 3.719,70

TOTAL CAPÍTULO 1 INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN MEDIANTE BOMBA DE CALOR
GEOTÉRMICA 32.553,06

TOTAL 32.553,06

9. CONCLUSIONES

El uso del refrigerante R-422D supone actuar de acuerdo al Protocolo de Montreal y al Reglamento de la Unión Europea CE 2037/2000 que prohibía la fabricación de equipos con HCFCs.

El funcionamiento energético del refrigerante R-422D se asemeja muchoa al R-22, si bien sus prestaciones energéticas son algo inferiores.

El refrigerante **R-422D** no posee cloro por lo que **no perjudica a la capa de ozono**, si que posee mayor potencial de efecto invernadero que el R-22, pero como se comprobó no supone un aumento excesivo de las emisiones de CO₂ con respecto a las del R-22.

El uso de una bomba geotérmica contribuye a la disminución de las emisiones, además de aumentar la eficiencia por la estabilidad de la temperatura del terreno. La geotermia es actualmente una de las formas más limpias de climatizar y la previsión es que la energía eléctrica disminuya su impacto ambiental específico (kg de CO₂/kWh), con lo que la geotermia ganará en limpieza.

La instalación de calefacción de este proyecto ha sido concebida teniendo en cuenta el confort y el ahorro energético. La configuración a caudal variable permite ajustarse mejor en cada momento a las necesidades térmicas y permite ahorrar energía. Los fancoils de cada sala pueden regularse de manera individualizada, lo cual resulta muy ventajoso tanto para el confort como económica y ecológicamente.

Todo ello ha contribuido a conseguir una instalación de calefacción que garantiza el confort necesario y más ecológica.

Económicamente una instalación geotérmica supone mayor inversión que una instalación convencional, sin embargo los costes de mantenimiento de la instalación geotérmica, el ahorro de electricidad y la mayor vida útil de la bomba de calor por encontrarse dentro de la vivienda, hacen amortizable la inversión.

Además otra de las ventajas del refrigerante R-422D es que permite seguir operando con la bomba de calor que funcionaba con el R-22, sin más que sustituir un refrigerante por otro, con el consiguiente ahorro.

10. BIBLIOGRAFÍA

LISTA DE LA BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA.

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas (IT).
- Código Técnico de la Edificación:
 - Documento Básico HE Ahorro de Energía.
 - Documento Básico HS Salubridad.
- Proyecto Fin de Carrera: *"Diseño de bomba de calor utilizando como evaporador un campo de colectores solares. Calefacción por suelo radiante"*. Autor: Julio Rubiano Hernández. Director: Marcelo Izquierdo Millán. ABRIL 2008.
- Proyecto Fin de Carrera: *"Climatización de una vivienda unifamiliar mediante una bomba de calor reversible con intercambio geotérmico"*. Autor: Andrés Guerra Moya. Director: Marcelo Izquierdo Millán. MAYO 2006.
- Manual de Aire Acondicionado de Carrier.
- Guía Técnica de Bombas de Calor Geotérmicas. Autores: Eduardo Conde Lázaro, Alberto Ramos Millán, Pablo Reina Peral, Ángel Vega Remesal. Serie GeoEner. 2009.
- Guía de la Energía Geotérmica. Autores: Guillermo Llopis Trillo y Vicente Rodrigo Angulo. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. 2008.
- Apuntes de la asignatura Calor y Frío Industrial, de la Escuela Politécnica Superior Universidad Carlos III de Madrid. Autores: Marcelo Izquierdo Millán, Mercedes de Vega.
- Pasado, presente y futuro de los refrigerantes tendencias. Oscar Maciá. 2006 Climaveneta.
- Fundamentos de transferencia de calor. Incropera, Frank P.
- Apuntes de la asignatura Ingeniería Ambiental, de la Escuela Politécnica Superior Universidad Carlos III de Madrid. Autor: Antonio Lecuona.
- Manual: "El equilibrado hidráulico global". Tour&Anderson. Autor: Robert Petitjean.

- Artículo: "La sustitución del R22: un reto para la industria frigorífica". Autores: M. Izquierdo, A. Lecuona, M. de Vega, P. Rodríguez y E. Martín.
- Artículo: "Alternativas al R-22". Autores: M. Caveró Pérez y JM. Trenado Pinela.
- Prontuario Ciatesa.
- Catálogos Técnicos:
 - Carrier: Bomba de Calor.
 - Ciatesa: Intercambiador Geotérmico.
 - Systemair: Fancoils.
 - Roca: Toalleros.
 - Sedical: bombas y vasos de expansión.
 - Koolair: Rejillas y Difusores.
 - Soler & Palau: Extractor.

LISTA DE LOS PROGRAMAS EMPLEADOS.

- WINDOWS XP.
- Microsoft OFFICE:
 - Microsoft WORD.
 - Microsoft EXCEL.
 - Microsoft POWER POINT.
- Adobe Acrobat.
- Cálculo del cumplimiento del CTE HS de los cerramientos: ECONDENSA.
- Cálculo de la transmitancia térmica de los vidrios: CALUMEN.
- Cálculo de las cargas térmicas: Procedimientos Uno – CL-WIN.
- Diseño del intercambiador geotérmico: GEO-CIATESA.
- Cálculo de los grupos circuladores y vasos de expansión: SEDICAL.
- Simulación: MATHCAD.
- Cálculo de la difusión de aire: Procedimientos Uno – DA –WIN.
- Cálculo del presupuesto: PRESTO.
- Trazado de planos: AUTOCAD.

ANEJOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Fundamento de la bomba de calor.</i>	6
Figura 2. <i>Bomba de calor de absorción.</i>	7
Figura 3. <i>Bomba de calor de compresión.</i>	8
Figura 4. <i>Ciclo y componentes básicos de la bomba de calor.</i>	8
Figura 5. <i>Componentes de la bomba de calor y ciclo de funcionamiento.</i>	9
Figura 6. <i>Máquina de refrigeración ideal de Carnot.</i>	10
Figura 7. <i>Descenso de COP con la diferencia de temperaturas evaporador-condensador.</i>	11
Figura 8. <i>Sistema de colectores abierto</i>	13
Figura 9. <i>Configuraciones en serie y en paralelo de los colectores horizontales.</i>	14
Figura 10. <i>Configuración de colectores en vertical.</i>	14
Figura 11. <i>Evolución de las temperaturas a lo largo del año. (Fuente: Ground-source heat pump project analysis. RETScreen Internacional)</i>	15
Figura 12. <i>Evolución de la temperatura del terreno con la profundidad (Fuente: "Some history of shallow geothermal energy use". Institute of Applied Geosciences, Justus-Liebig-University)</i>	16
Figura 13. <i>Efecto deslizamiento de los refrigerantes.</i>	20
Figura 14. <i>Efecto del deslizamiento en el rendimiento.</i>	21
Figura 16. <i>Características del vidrio empleado. Obtenido con el programa Calumen.</i>	34
Figura 17. <i>Ejemplo de ventilación en el interior de viviendas. DB HS3.</i>	42
Figura 18. <i>Diferentes secciones de tubos intercambiadores de calor que pueden alojarse en un sondeo.</i>	66
Figura 19. <i>Vista de la pestaña Configuración.</i>	68
Figura 20. <i>Vista de la pestaña Materiales.</i>	69
Figura 21. <i>Vista de la pestaña Clima y Suelo.</i>	70
Figura 22. <i>Mapa hidrogeológico de la Comunidad de Madrid.</i>	71
Figura 23. <i>Vista de la pestaña Pérdidas de Carga.</i>	73
Figura 24. <i>Vista de la pestaña Resultados.</i>	74
Figura 25. <i>Hoja técnica de la bomba circuladora del intercambiador geotérmico.</i>	77
Figura 26. <i>Curvas de funcionamiento de la bomba circuladora del intercambiador geotérmico.</i> ..	78

Figura 27. Características y precios de la tubería PE 100. URALITA.....	79
Figura 28. Hoja técnica del vaso de expansión.....	80
Figura 29. Rendimiento indicado para el R-22.	82
Figura 30. Diagrama P-h de la bomba de calor para el R-22.	83
Figura 31. Diagrama P-h de la bomba de calor para el R-422D.	84
Figura 32. Bomba de calor geotérmica agua/agua de Carrier.	88
Figura 33. Evolución de las temperaturas para la temporada de calefacción.	90
Figura 34. Evolución de la temperatura del día más frío.....	91
Figura 35. Evolución de la temperatura del día más caluroso.	92
Figura 36. Evolución de la temperatura de un día intermedio.	92
Figura 37. Evolución estacional de la demanda térmica de calefacción.....	95
Figura 38. Carga térmica del día más frío.	95
Figura 39. Carga térmica del día más caluroso.	96
Figura 40. Carga térmica para un día intermedio.....	96
Figura 41. Evolución de la potencia del evaporador.....	97
Figura 42. Evolución de la potencia del evaporador para el día más frío.	98
Figura 43. Evolución de la potencia del evaporador para el día más caluroso.	98
Figura 44. Evolución de la potencia del evaporador para un día intermedio.....	99
Figura 45. Evolución de la potencia del compresor.....	99
Figura 46. Evolución de la potencia del compresor para el día más frío.	100
Figura 47. Evolución de la potencia del compresor para el día más caluroso.	101
Figura 48. Evolución de la potencia del compresor para un día intermedio.....	101
Figura 49. Evolución de la potencia del condensador.	102
Figura 50. Evolución de la potencia del condensador para el día más frío.....	102
Figura 51. Evolución de la potencia del condensador para el día más caluroso.....	103
Figura 52. Evolución de la potencia del condensador para un día intermedio.	103
Figura 53. Evolución estacional del COP.....	104
Figura 54. Evolución del COP para el día más frío.....	104
Figura 55. Evolución del COP para el día más caluroso.....	105
Figura 56. Evolución del COP para un día intermedio.	105

Figura 57. <i>Emisiones de CO₂</i>	110
Figura 58. <i>Emisiones de CO</i>	110
Figura 59. <i>Emisiones de NO_x</i>	111
Figura 60. <i>Emisiones de SO_x</i>	111
Figura 61. <i>Toalleros marca BaxiRoca</i>	117
Figura 62. <i>Hoja técnica de la bomba</i>	125
Figura 63. <i>Curvas de la bomba</i>	126
Figura 64. <i>Depósito de inercia</i>	127
Figura 65. <i>Cálculo del volumen de agua de la instalación . Software de Sedical</i>	128
Figura 66. <i>Vaso de expansión</i>	129
Figura 67. <i>Hoja técnica del vaso de expansión</i>	130
Figura 68. <i>Perfil de velocidades del difusor seleccionado</i>	132
Figura 69. <i>Ábaco para el cálculo de la pérdida en conductos de chapa</i>	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Composición del R-422D.</i>	22
Tabla 2. <i>Propiedades Físicas de los refrigerantes R-422D y R-22. Fuente DuPont.</i>	23
Tabla 3. <i>Distribución de la vivienda.</i>	24
Tabla 4. <i>Condiciones interiores de diseño. IT 1.1.4.1.2.</i>	25
Tabla 5. <i>Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior.</i>	27
Tabla 6 . <i>Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m²K. DBHE.</i>	27
Tabla 7 . <i>Valores límite de la transmitancia térmica para la zona climática D3. DBHE.</i>	28
Tabla 8 . <i>Supercficie de fachada y huecos para cada orientación.</i>	28
Tabla 9 . <i>Características de los materiales que conforman la fachada.</i>	29
Tabla 10 . <i>Características de los materiales que conforman la cubierta inclinada.</i>	29
Tabla 11 . <i>Características de los materiales que conforman la cubierta plana.</i>	30
Tabla 12 . <i>Características de los materiales que conforman el forjado en contacto con un local no climatizado.</i>	30
Tabla 13 . <i>Características de los materiales que conforman la solera.</i>	31
Tabla 14 . <i>Características de los materiales que conforman el tabique interior en contacto con locales no climatizados.</i>	32
Tabla 15 . <i>Características de los materiales que conforman la puerta exterior.</i>	32
Tabla 16 . <i>Características de los materiales que conforman la puerta interior.</i>	32
Tabla 17 . <i>Características de los materiales que conforman la ventana.</i>	33
Tabla 18. <i>Valores del calor sensible y latente aportado por persona según uso de sala.</i>	37
Tabla 19. <i>Niveles de ocupación, calor sensible y latente para cada sala.</i>	38
Tabla 20. <i>Valores de los niveles de iluminación y de potencia de los equipos de cada zona.</i>	40
Tabla 21. <i>Caudales de ventilación mínimos exigidos. DBHS 3.</i>	41
Tabla 22. <i>Niveles de ventilación para cada zona.</i>	42
Tabla 23. <i>Porcentaje de carga para cada hora solar.</i>	43
Tabla 24. <i>Valores de los suplementos por orientación.</i>	43
Tabla 25. <i>Hoja de cargas para el dormitorio 1.</i>	44
Tabla 26. <i>Hoja de cargas para el aseo 1.</i>	45

Tabla 27. <i>Hoja de cargas para el dormitorio 2.</i>	46
Tabla 28. <i>Hoja de cargas para el aseo 2</i>	47
Tabla 29. <i>Hoja de cargas para el dormitorio 3.</i>	48
Tabla 30. <i>Hoja de cargas para el aseo 3.</i>	49
Tabla 31. <i>Hoja de cargas para el aseo 4.</i>	50
Tabla 32. <i>Hoja de cargas para la cocina.</i>	51
Tabla 33. <i>Hoja de cargas para el recibidor.</i>	52
Tabla 34. <i>Hoja de cargas para el salón-comedor.</i>	53
Tabla 35. <i>Hoja de cargas para el cuarto de plancha.</i>	54
Tabla 36. <i>Hoja de cargas para el dormitorio 4</i>	55
Tabla 37. <i>Hoja de cargas para el dormitorio 5.</i>	56
Tabla 38. <i>Hoja de cargas para el aseo 5.</i>	57
Tabla 39. <i>Hoja de cargas para el dormitorio 6.</i>	58
Tabla 40. <i>Hoja de cargas para el aseo 6.</i>	59
Tabla 41. <i>Hoja de cargas para el dormitorio 7.</i>	60
Tabla 42. <i>Valor de $U \cdot A (W/^{\circ}C)$ para la fachada.</i>	61
Tabla 43. <i>Valor de $U \cdot A (W/^{\circ}C)$ para los suelos.</i>	61
Tabla 44. <i>Valor de $U \cdot A (W/^{\circ}C)$ para las cubiertas.</i>	61
Tabla 45. <i>Valor de $U \cdot A (W/^{\circ}C)$ para las ventanas.</i>	61
Tabla 46. <i>Resumen de las cargas de calefacción.</i>	62
Tabla 47. <i>Valores de extracción de calor específica posibles para intercambiadores verticales.</i> <i>Fuente: VDI 4640 - Part 2. Thermal use of underground. Verein Deutscher Ingenieure</i> <i>Dusseldorf. 2001.</i>	65
Tabla 48. <i>Propiedades termofísicas para agua glicolada. Thermophysical properties of liquid</i> <i>secondary refrigerants, International Institute of Refrigeration.</i>	72
Tabla 49. <i>Presión de evaporación y condensación teórica para ambos refrigerantes.</i>	81
Tabla 50. <i>Presión real de evaporación y de condensación para los dos refrigerantes.</i>	81
Tabla 51. <i>Relación de compresión para los dos refrigerantes.</i>	82
Tabla 52. <i>Rendimiento indicado para los dos refrigerantes.</i>	82
Tabla 53. <i>Entalpías h_1, h_2 y h_3.</i>	85
Tabla 54. <i>Entalpía en el punto de descarga par los dos refrigerantes.</i>	85

Tabla 55. <i>Potencia del compresor para los dos refrigerantes.</i>	85
Tabla 56. <i>Potencia del evaporador para los dos refrigerantes.</i>	85
Tabla 57. <i>Potencia del condensador para los dos refrigerantes.</i>	86
Tabla 58. <i>Potencia mecánica del compresor para los dos refrigerantes.</i>	86
Tabla 59. <i>Potencia eléctrica del compresor para los dos refrigerantes.</i>	86
Tabla 60. <i>Caudal necesario de cada refrigerante.</i>	86
Tabla 61. <i>Potencia del evaporador para los dos refrigerantes.</i>	86
Tabla 62. <i>Potencia eléctrica del compresor para los dos refrigerantes.</i>	87
Tabla 63. <i>Potencia eléctrica del condensador para los dos refrigerantes.</i>	87
Tabla 64. <i>Coeficiente de eficiencia energética mecánico para los dos refrigerantes.</i>	87
Tabla 65. <i>Coeficiente de eficiencia energética eléctrico para los dos refrigerantes.</i>	87
Tabla 66. <i>Características térmicas de la bomba de calor seleccionada.</i>	88
Tabla 67. <i>Coeficiente de eficiencia energética indicado para los dos refrigerantes.</i>	89
Tabla 68. <i>Valores de emisiones de contaminantes asociados a los distintos combustibles fósiles asociados al consumo de electricidad.</i>	107
Tabla 69. <i>Potencial de agotamiento de la capa de ozono y potencial de calentamiento global. Fuente: DuPont.</i>	112
Tabla 70. <i>Selección de Fancoils para cada sala.</i>	116
Tabla 71. <i>Caudal de agua para cada modelo de Fancoil utilizado.</i>	117
Tabla 72. <i>Características técnicas de los toalleros.</i>	118
Tabla 73. <i>Carga térmica para cada aseo.</i>	118
Tabla 74. <i>Potencia y caudal de cada toallero.</i>	119
Tabla 75. <i>Asignación de los toalleros cada aseo.</i>	119
Tabla 76. <i>Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transporten fluidos calientes que discurren por el interior de edificios.</i>	119
Tabla 77. <i>Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transporten fluidos calientes por el exterior de edificios.</i>	120
Tabla 78. <i>Coeficiente de pérdidas para cada elemento.</i>	122
Tabla 79. <i>Caudales, longitudes, diámetros, velocidades y pérdidas de carga para cada tramo de tubería.</i>	123
Tabla 80. <i>Camino crítico.</i>	123
Tabla 81. <i>Caudal y pérdida de carga para el circuito.</i>	124

Tabla 82. Características técnicas del depósito de inercia.	128
Tabla 83. Caudales de aire para cada Fancoil.....	131
Tabla 84. Selección de difusores 40.4 SF Koolair.....	132
Tabla 85. Características de los ventiladores de cada sala.	136
Tabla 86. Caudales de aire para cada Fancoil.....	136
Tabla 87. Detalle de los conductos para el subsistema Dormitorio 1.....	137
Tabla 88. Detalle de los conductos para el subsistema Dormitorio 2.....	137
Tabla 89. Detalle de los conductos para el subsistema Dormitorio 3.....	137
Tabla 90. Detalle de los conductos para el subsistema Cuarto de Plancha.	137
Tabla 91. Detalle de los conductos para el subsistema Recibidor.....	137
Tabla 92. Detalle de los conductos para el subsistema Cocina.	137
Tabla 93. Detalle de los conductos para el subsistema Salón.....	138
Tabla 94. Detalle de los conductos para el subsistema Comedor.....	138
Tabla 95. Detalle de los conductos para el subsistema Dormitorio 4.....	138
Tabla 96. Detalle de los conductos para el subsistema Dormitorio 5.....	138
Tabla 97. Detalle de los conductos para el subsistema Dormitorio 6.....	138
Tabla 98. Detalle de los conductos para el subsistema Dormitorio 7.....	138
Tabla 99. Aire extraído en cada sala.	140
Tabla 100. Características del ventilador de extracción.	140
Tabla 101. Detalle de los conductos de extracción.	141
Tabla 102. Listado de puntos de control.....	145

ANEJO I: Evolución de las temperaturas secas y húmedas máximas corregidas para todos los meses del año y horas del día, según las tablas de corrección UNE 100014-84.


EVOLUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURA EXTERIOR SECA MÁXIMA (°C)

Hora	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1	12,2	12,5	13,9	17,0	20,2	22,2	23,1	23,1	21,5	18,4	14,1	12,7
2	11,5	11,8	13,1	16,2	19,5	21,4	22,3	22,3	20,7	17,6	13,3	11,9
3	10,7	11,0	12,3	15,4	18,7	20,6	21,5	21,5	19,9	16,8	12,5	11,1
4	9,9	10,2	11,6	14,7	17,9	19,8	20,7	20,7	19,1	16,1	11,8	10,3
5	9,1	9,4	10,8	13,9	17,2	19,1	20,0	20,0	18,4	15,3	11,0	9,6
6	8,4	8,7	10,0	13,1	16,4	18,3	19,2	19,2	17,6	14,5	10,2	8,8
7	11,5	11,8	13,1	16,2	19,5	21,4	22,3	22,3	20,7	17,6	13,3	11,9
8	14,6	14,8	16,2	19,3	22,6	24,5	25,4	25,4	23,8	20,7	16,4	15,0
9	16,2	16,5	17,8	20,9	24,2	26,1	27,0	27,0	25,4	22,3	18,1	16,6
10	17,9	18,1	19,5	22,6	25,9	27,8	28,7	28,7	27,1	24,0	19,7	18,3
11	19,4	19,7	21,1	24,2	27,4	29,4	30,3	30,3	28,7	25,6	21,3	19,9
12	21,0	21,3	22,7	25,7	29,0	30,9	31,8	31,8	30,2	27,2	22,9	21,4
13	22,3	22,6	23,9	27,0	30,3	32,2	33,1	33,1	31,5	28,4	24,1	22,7
14	23,6	23,9	25,2	28,3	31,6	33,5	34,4	34,4	32,8	29,7	25,4	24,0
15	24,2	24,5	25,8	28,9	32,2	34,1	35,0	35,0	33,4	30,3	26,0	24,6
16	23,6	23,9	25,2	28,3	31,6	33,5	34,4	34,4	32,8	29,7	25,4	24,0
17	22,8	23,1	24,5	27,6	30,9	32,8	33,7	33,7	32,1	29,0	24,7	23,3
18	22,1	22,4	23,8	26,8	30,1	32,0	32,9	32,9	31,3	28,3	24,0	22,5
19	20,5	20,8	22,2	25,3	28,5	30,5	31,4	31,4	29,8	26,7	22,4	21,0
20	19,0	19,3	20,6	23,7	27,0	28,9	29,8	29,8	28,2	25,1	20,8	19,4
21	17,6	17,9	19,2	22,3	25,6	27,5	28,4	28,4	26,8	23,7	19,4	18,0
22	16,2	16,5	17,8	20,9	24,2	26,1	27,0	27,0	25,4	22,3	18,0	16,6
23	14,6	14,9	16,2	19,3	22,6	24,5	25,4	25,4	23,8	20,7	16,4	15,0
24	13,0	13,3	14,6	17,7	21,0	22,9	23,8	23,8	22,2	19,1	14,8	13,4

EVOLUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURA EXTERIOR HÚMEDA MÁXIMA (°C)

Hora	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1	8,8	11,6	12,9	14,5	16,2	17,3	17,6	17,6	16,8	15,1	13,1	11,2
2	8,8	10,8	12,2	14,5	16,2	17,3	17,6	17,6	16,8	15,1	12,4	11,0
3	8,8	10,1	11,5	14,4	16,2	17,3	17,6	17,6	16,8	15,1	11,6	10,2
4	8,8	9,4	10,7	13,7	16,2	17,3	17,6	17,6	16,8	15,0	10,9	9,5
5	8,4	8,6	10,0	12,9	16,1	17,3	17,6	17,6	16,8	14,3	10,1	8,7
6	7,6	7,9	9,2	12,2	15,3	17,2	17,6	17,6	16,6	13,6	9,4	8,0
7	9,1	10,9	12,2	14,8	16,5	17,6	17,9	17,9	17,1	15,4	12,4	11,0
8	9,4	12,4	13,6	15,1	16,8	17,9	18,2	18,2	17,4	15,7	13,8	11,8
9	9,9	12,8	14,1	15,5	17,3	18,4	18,7	18,7	17,8	16,2	14,2	12,2
10	10,3	13,3	14,5	16,0	17,7	18,8	19,1	19,1	18,2	16,6	14,7	12,7
11	10,9	13,8	15,0	16,5	18,2	19,3	19,7	19,7	18,8	17,1	15,2	13,2
12	11,4	14,4	15,6	17,1	18,8	19,9	20,2	20,2	19,3	17,7	15,8	13,8
13	11,7	14,7	15,9	17,4	19,1	20,2	20,5	20,5	19,6	18,0	16,1	14,1
14	12,0	15,0	16,2	17,7	19,4	20,5	20,8	20,8	19,9	18,3	16,4	14,4
15	12,0	15,0	16,2	17,7	19,4	20,5	20,8	20,8	19,9	18,3	16,4	14,4
16	12,0	15,0	16,2	17,7	19,4	20,5	20,8	20,8	19,9	18,3	16,4	14,4
17	11,7	14,7	15,9	17,4	19,1	20,2	20,5	20,5	19,6	18,0	16,1	14,1
18	11,4	14,4	15,6	17,1	18,8	19,9	20,2	20,2	19,3	17,7	15,8	13,8
19	11,0	13,9	15,2	16,6	18,4	19,5	19,8	19,8	18,9	17,3	15,3	13,3
20	10,5	13,5	14,7	16,2	17,9	19,0	19,3	19,3	18,5	16,8	14,9	12,9
21	10,2	13,2	14,4	15,9	17,6	18,7	19,0	19,0	18,2	16,5	14,6	12,6
22	9,9	12,9	14,1	15,6	17,3	18,4	18,7	18,7	17,9	16,2	14,3	12,3
23	9,4	12,4	13,6	15,1	16,8	17,9	18,2	18,2	17,3	15,7	13,7	11,8
24	8,8	11,8	13,0	14,5	16,2	17,3	17,6	17,6	16,8	15,1	13,2	11,2

ANEJO II: Hojas de características técnicas de los Fancoils seleccionados.

		Products manufactured by BPS S.r.l. Zona Industriale Biban, 56 - 31030 Carbonera (TV) - ITALY Tel. (+39) 0422-445363 ; Fax (+39) 0422-398646 ; info@bpstecnologie.com								
		THEST Selection Software (Version 1.2) Linea Prodotti: Ventilconvettori ed Unità Terminali trattamento aria Products Line: Fan-coils and Terminal Units for the air treatment								
Tipo: FC		Fan Coils con vent. Centrifugos					Tipo de Circuito: 2 Tubos			
Modelo		FC 12	FC 22	FC 32	FC 42	FC 52	FC 62	FC 72	FC 82	FC 92
Calefacción										
Temperatura seca del Aire	°C	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
Temperatura de Entrada del Agua	°C	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Temperatura de Salida del Agua	MAX	°C	44,4	44,4	44,4	44,4	44,5	44,5	44,5	43,8
	MED	°C	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
	MIN	°C	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	45,9
Caudal de Agua	l/h	187	236	302	337	444	512	675	757	960
Pérdida de Carga del Agua	kPa	5,9	6,5	7,6	10,0	14,1	6,5	12,6	9,8	16,8
Capacidad Calorífica	MAX	W	1.220	1.540	1.962	2.187	2.845	3.283	4.333	6.915
	MED	W	1.090	1.375	1.756	1.956	2.579	2.978	3.927	5.581
	MIN	W	869	1.098	1.395	1.551	2.086	2.412	3.183	4.635
Dati generali										
Glicol en Peso	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Altitud s.n.m.	m	595,0	595,0	595,0	595,0	595,0	595,0	595,0	595,0	595,0
Pérdida de Carga en el aire	MAX	Pa	45	45	45	45	60	60	60	67
	MED	Pa	35	35	35	35	50	50	50	67
	MIN	Pa	25	25	25	25	40	40	40	60
Caudal de Aire	MAX	m³/h	175	180	218	224	324	333	488	891
	MED	m³/h	145	149	181	186	275	283	414	622
	MIN	m³/h	100	103	124	127	194	200	293	458
Niveles Sonoros	MAX	dB(A)	38	38	40	40	42	42	43	49
	MED	dB(A)	34	34	35	35	36	36	38	44
	MIN	dB(A)	28	28	29	29	30	30	32	37
Máxima potencia absorbida	MAX	W	58	58	83	83	108	108	147	159
Máxima corriente absorbida	MAX	A	0,25	0,25	0,36	0,36	0,49	0,49	0,65	0,71
Versión		IO 2 Versión Horizontal para empotrar (Entrada de Aire frontal ; sin mueble)								
Longitud	mm	545	545	745	745	945	945	1.145	1.145	1.345
Ancho	mm	450	450	450	450	450	450	450	450	450
Profundo	mm	215	215	215	215	215	215	215	215	215
Peso	Kg	11	12	14	15	20	21	23	25	27
Lista de Precios	Euro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ANEJO III. Hoja de características técnicas del ventilador de extracción.

EXTRACTORES CENTRIFUGOS DE TEJADO Serie MAX-TEMP



■ Descripción - Aplicaciones

Gama de tejados centrifugos disponibles en descarga horizontal (CTHB-CTHT) y vertical (CTVB-CTVT). Su concepción hace que se puedan utilizar en toda clase de instalaciones:

- Ventilación general
- Extracciones industriales
 - Temperatura máxima del flujo de aire: 120 °C
 - Modelos CTVB/4-180 y CTVB/4-225 : 200 °C
 - Modelos CTHB/4-180 y CTHB/4-225 : 200 °C
- Cocinas profesionales
- Extracción de humo en caso de incendio para los modelos 225 a 630.

Datos de prescripción:

HOMOLOGACIONES LGAI y CTICM
Expediente 22019280, 02A426 y 02A438

- Marca : S&P
- Tipo : MAX-TEMP
- Modelos: Horizontales - CTHB (monofásico)
 - CTHT (trifásico)
- Verticales - CTVB (monofásico)
 - CTVT (trifásico)
- Producto certificado 400°C/2h por un laboratorio oficial
- Temperatura del flujo de aire : -40 °C < T < +120 °C
- Construcción íntegramente metálica

■ Características técnicas de los extractores de descarga horizontal CTHB-CTHT

		Velocidades	Potencia absorbida máxima	Intensidad máxima (A)		Caudal máximo	Nivel de presión* sonora a 2/3 de Qmax (dB(A))		Peso
Tipo		(r.p.m.)	(W)	a 230 V	a 400 V	(m³/h)	Aspiración	Descarga	(kg)
4 POLOS MONOFÁSICOS	CTHB/4-140	1370	60	0,32	—	800	46	52	7,5
	CTHB/4-180	1330	70	0,33	—	990	46	52	8
	CTHB/4-200	1320	120	0,60	—	1450	49	55	14,2
	CTHB/4-225	1350	170	0,90	—	2100	53	59	17
	CTHB/4-250	1320	280	1,40	—	3100	57	62	28
	CTHB/4-315	1375	590	2,70	—	4900	60	66	32
	CTHB/4-400	1380	1100	5,30	—	7000	67	73	42,5

ANEJO IV: Planos de la vivienda